

# 城市建筑与发展

## Urban Architecture And Development



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2024 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



## Editorial Board

### Editors-in-Chief

Peng Xu

China Municipal Engineering North China Design and Research Institute Co., LTD.

Zhijin Lu

China Municipal Engineering Northeast Design and Research Institute Co., LTD. Dongguan Branch

### Editorial Board Member

Longde Cha

Zhejiang Jiahua Architectural Design & Research Institute, China

Feng Gao

China Municipal Engineering South-Central Design and Research Institute Co., LTD.

Chunxiao Lin

China Municipal Engineering South-Central Design and Research Institute Co., LTD.

Andrew Chiou

School of Engineering and Technology Centre for Intelligent Systems

Ritesh Chugh

School of Engineering and Technology Centre for Research in Equity & Advancement of Teaching & Education(CREATE)

Weiming Luo

Shenzhen WIZ Land Planning Consulting Co.,Ltd.

Yulin Xi

School of Architecture and Art, Hebei University of Architecture



# 城市建筑与发展

Urban Architecture and Development

第2卷 第10期 2024年10月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《城市建筑与发展》编辑部

ISSN(O): 2993-270X

ISSN(P): 2995-2441

地址: 119 S Atlantic Blvd, Suite 300D Monterey  
Park, CA 91754

网址: <https://www.artdesignp.com>

## 本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权  
转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事  
项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、  
翻译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著作  
权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将  
承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单  
位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作  
者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。

## 城乡规划·设计 | URBAN AND RURAL PLANNING·DESIGN

- 001 韧性城市理念下地下综合管廊抗震性能提升关键技术研究 郑红昌  
Research on Key Technologies to Improve Seismic Performance of Underground  
Utility Tunnels under the Concept of Resilient City Zheng Hongchang
- 004 基于GIS与遥感技术的广东省国土空间规划应用研究 王飞越  
Research on the Application of GIS and Remote Sensing Technology  
in Land Spatial Planning of Guangdong Province Wang Feiyue
- 007 基于GIS的井冈山市红色文化遗产廊道体系研究 刘尚齐  
GIS-Based Study of Red Cultural Heritage Corridor System  
in Jinggangshan Liu Shangqi
- 010 集成式AI大模型在历史文化资源整体复兴中的  
创新应用 刘丰毅, 庞艳, 姚子刚  
The Innovative Application of Integrated AI Large Model  
In The Overall Revitalization of Historical And  
Cultural Resources Liu Fengyi, Pang Yan, Yao Zigang

## 建筑技术·应用 | BUILDING TECHNOLOGY·APPLICATION

- 013 房屋建筑工程施工质量与安全管理措施探讨 郭杰  
A Discussion on Quality and Safety Management Measures in House  
Building Construction Guo Jie
- 016 绿色建筑材料在交通设施中的应用与环境效益分析 马悍潇, 赵可  
Analysis of the Application and Environmental Benefits of Green Building  
Materials in Transportation Facilities Ma Yixiao, Zhao Ke
- 020 绿色建筑理念在养老建筑设计中的应用研究 陈志勇  
Research on the Application of Green Building Concept in the Design  
of Elderly Care Buildings Chen Zhiyong
- 023 基于建设单位视角下的古建筑修缮工程全过程管理及后续保护利用探究  
——以某古建筑群修缮工程为例 刘君  
Exploration of Whole-Process Management and Post-Restoration Conservation  
and Adaptive Reuse in Ancient Architectural Complex Restoration Projects from  
the Construction Unit's Perspective— Taking the Repair Project of an Ancient  
Building Complex as an Example Liu Jun
- 026 基于绿色施工技术理念的建筑施工技术研究 张灿  
Research on Construction Technology Based on Green Construction  
Technology Concept Zhang Can

## 工程管理·实践 | ENGINEERING MANAGEMENT·PRACTICE

- 029 市政工程施工质量的关键影响因素分析 王晖  
Analysis of Key Factors Influencing the Construction Quality  
of Municipal Engineering Wang Ye
- 032 地铁列车驾驶应急故障处置标准化流程构建与应用 陶涛  
Construction and Application of Standardized Process for Emergency Fault  
Handling in Metro Train Driving Tao Tao

035	市政工程道路排水管网智能化建设质量管理路径分析 Analysis of the Quality Management Path for the Intelligent Construction of Urban Engineering Road Drainage Pipelines	罗锦州 Luo Jinzhou
038	输配电及其用电工程的自动化运行维护 Automatic Operation and Maintenance of Power Transmission and Distribution Projects	邓立辉, 朱芮锋, 赵殿勇 Deng Lihui, Zhu Ruifeng, Zhao Dianyong
041	市政给排水工程全生命周期成本控制分析 Analysis of Life Cycle Cost Control in Municipal Water Supply and Drainage Engineering	刘俊, 张辉 Liu Jun, Zhang Hui
044	长江上游滑坡堰塞体溃决机理研究 Study on the Breach Mechanism of Landslide-Dammed Lakes in the Upper Reaches of the Yangtze River	冯雨实 Feng Yushi
048	某三甲综合医院照明设计探讨 Discussion on the Lighting Design of A Grade III Level A General Hospital	郭金茹 Guo Jinru
051	高校计算机实验室中 VMware 虚拟化技术应用分析 Analysis on the Application of VMware Virtualization Technology In University Computer Laboratory	李春鹏 Li Chunpeng
054	论机电设备安装对工程造价的影响因素与有效控制 On the Influencing Factors and Effective Control of Mechanical and Electrical Equipment Installation on Project Cost	赵伟 Zhao Wei
057	“一户一宅”政策执行偏差与农村宅基地管理改革 Deviation in Implementing the "One Household, One Homestead" Policy and Reform of Rural Homestead Management	于漫江 Yu Manjiang
060	地下室顶板混凝土一次浇筑施工过程关键技术分析 Analysis of Key Technologies in the One-time Casting Construction Process of Basement Roof Concrete	赵安祥 Zhao Anxiang
063	市政工程 PPP 项目的成本控制与利益相关者协同管理策略 Cost Control and Stakeholder Collaborative Management Strategies in Municipal PPP Projects	石镇尧 Shi Zhenyao

# 韧性城市理念下地下综合管廊抗震性能提升 关键技术研究

郑红昌

新疆红星建设工程（集团）有限公司，新疆 哈密 839000

DOI: 10.61369/UAID.2024100001

**摘要：**随着城市化进程的加速，城市面临的自然灾害风险日益增加，韧性城市建设成为保障城市可持续发展的关键。地下综合管廊作为城市生命线工程的重要组成部分，其抗震性能直接关系到城市在地震等灾害下的正常运行。本文基于韧性城市理念，深入探讨了地下综合管廊抗震性能提升的关键技术。首先分析了地下综合管廊在地震作用下的破坏机理，接着从结构设计与优化、新型材料应用、减隔震技术以及智能监测与评估等方面阐述了提升抗震性能的关键技术手段，最后对未来的研究方向进行了展望，旨在为地下综合管廊的抗震设计、建设与维护提供理论支持和技术参考，助力韧性城市建设。

**关键词：**韧性城市；地下综合管廊；抗震性能；关键技术

## Research on Key Technologies to Improve Seismic Performance of Underground Utility Tunnels under the Concept of Resilient City

Zheng Hongchang

Xinjiang Red Star Construction Engineering (Group) Co., LTD. Hami, Xinjiang 839000

**Abstract：**With the acceleration of urbanization, cities are facing increasing risks of natural disasters, making the construction of resilient cities a key factor in ensuring sustainable urban development. As an important component of a city's lifeline engineering, the seismic performance of underground utility tunnels is directly related to the normal operation of the city during disasters such as earthquakes. Based on the concept of resilient cities, this paper delves into the key technologies for improving the seismic performance of underground utility tunnels. Firstly, it analyzes the failure mechanism of underground utility tunnels under earthquake action. Then, it elaborates on the key technical means to improve seismic performance from aspects such as structural design and optimization, application of new materials, seismic isolation and mitigation technology, as well as intelligent monitoring and evaluation. Finally, the paper provides an outlook on future research directions, aiming to provide theoretical support and technical reference for the seismic design, construction, and maintenance of underground utility tunnels, and to contribute to the construction of resilient cities.

**Keywords：**resilient city; underground integrated pipe corridor; seismic performance; key technology

韧性城市强调城市在面对自然灾害、突发事件等冲击时，能够迅速恢复并保持基本功能的能力。地下综合管廊将电力、通信、给排水等多种管线集中敷设于地下隧道空间内，有效避免了传统直埋管线易受破坏、维修困难等问题，是城市基础设施现代化建设的重要标志。然而，地震作为一种极具破坏力的自然灾害，可能对地下综合管廊造成严重破坏，导致城市功能瘫痪。因此，在韧性城市理念下，研究地下综合管廊抗震性能提升关键技术具有重要的现实意义。

### 一、地下综合管廊地震破坏机理分析

#### （一）地震动特性影响

地震动的强度、频谱特性和持续时间等特性对地下综合管廊的破坏有重要影响。强震作用下，地震波的能量传递到管廊结构，使其产生惯性力。不同频谱特性的地震波与管廊结构的自振

频率相互作用，可能引发共振现象，导致结构动力响应加剧。而较长的地震持续时间会使管廊结构承受反复的振动作用，加速结构的疲劳损伤，增加破坏风险。

#### （二）场地条件作用

场地地质条件对地下综合管廊的地震响应有显著影响。软弱土层在地震作用下易发生较大的变形，导致管廊结构承受不均匀

的地基变形，产生附加应力，可能引发管廊结构的开裂、错位等破坏。而坚硬土层或岩石场地，地震波的传播特性不同，管廊结构受到的地震作用也有所差异。此外，地下水位的高低也会影响管廊结构的地震响应，高水位可能增加管廊结构的浮力，降低其稳定性。

### （三）管廊结构自身因素

管廊的结构形式、尺寸、材料性能以及施工质量等自身因素也会影响其抗震性能。不同结构形式的管廊（如矩形、圆形等）在地震作用下的受力特点不同，圆形管廊在承受内压和地震作用时具有较好的受力性能。管廊的尺寸越大，其惯性力也越大，对地震作用的响应越明显。材料性能方面，混凝土强度、钢筋的屈服强度等参数直接影响管廊结构的承载能力和变形能力。施工质量问题，如混凝土浇筑不密实、钢筋连接不牢固等，会降低管廊结构的整体性和抗震性能。

## 二、韧性城市理念下地下综合管廊抗震性能提升关键技术

### （一）结构设计与优化技术

在地下综合管廊结构设计与优化中，需从多方面着手以提升抗震性能。结构选型是基础，要依据场地条件与地震作用特点精准抉择。圆形管廊因在地震时应力分布均匀，抗弯、抗扭能力出色，在地质复杂、地震烈度高的区域优势尽显；而矩形管廊虽空间利用率高、施工便利，但抗震设计时需着重加强，可通过增加墙体厚度、设置暗柱等措施，强化其抗震表现。结构布置的合理性也至关重要。横断面布置上，要科学规划管线布局，既要避免管线相互干扰，又要为管廊结构预留充足空间，以抵御地震作用。纵断面布置时，需充分考虑地形与地质条件，合理设置伸缩缝、沉降缝等构造措施，以此适应地基可能发生的不均匀变形，降低地震作用下结构附加应力，防止因地基变形引发结构损伤<sup>[1]</sup>。结构连接环节是保障管廊整体性的关键。采用预应力钢筋连接、螺栓连接等可靠方式，能确保管廊在地震时各部分协同受力，避免连接部位率先破坏。此外，还需强化管廊与周边土体的相互作用，通过设置土钉、锚杆等加固手段，提高管廊结构的侧向约束能力，增强其整体稳定性，使管廊在地震作用下能保持较好的力学性能与结构完整性。

### （二）新型材料应用技术

在地下综合管廊建设中，新型材料应用技术为提升其抗震性能提供了有力支撑。高性能混凝土凭借自身特性展现出显著优势，它具备高强度、高耐久性以及出色的抗渗性。将其应用于管廊结构，可大幅提升结构的承载能力与抗裂性能。在地震作用时，能有效减少结构损伤。采用高强等级的高性能混凝土，还能优化管廊结构设计，减小截面尺寸，降低结构自重，进而削弱地震作用影响。而且，高性能混凝土卓越的耐久性，使其能抵御地下复杂环境的侵蚀，如潮湿、酸碱腐蚀等，极大延长管廊结构的使用寿命，降低后期维护成本。纤维增强复合材料（FRP）同样表现亮眼，它具有高强度、轻质且耐腐蚀的特质。在管廊结构

里，FRP材料有多种应用方式。用FRP布包裹加固管廊，可显著增强结构的抗弯、抗剪承载能力，还能有效限制裂缝的扩展；以FRP筋替代传统钢筋作为受力筋，既能提升结构的抗拉性能，又避免了钢筋易锈蚀的问题，保障了管廊结构在长期使用过程中的稳定性，减少了因钢筋锈蚀引发的结构安全隐患。形状记忆合金（SMA）则拥有独特的形状记忆效应与超弹性性能。在管廊结构中合理设置SMA阻尼器、SMA连接件等部件，地震发生时，这些部件能够吸收并耗散大量地震能量，有效减小结构的动力响应<sup>[2]</sup>。当管廊结构因地震产生变形后，SMA材料会凭借自身的相变特性恢复原状，实现自动复位，极大提高了管廊结构的抗震恢复能力，确保其在震后能尽快恢复正常功能。

### （三）减隔震技术

在地下综合管廊抗震技术体系中，减隔震技术是降低地震灾害影响、保障结构安全的关键手段，主要包括基础隔震、层间隔震与消能减震三类技术。基础隔震技术通过在管廊结构与基础间设置隔震层，切断地震能量向上部结构的传递路径。其中，橡胶隔震支座是常用装置之一，它兼具出色的水平变形能力与可靠的竖向承载能力。在地震作用下，橡胶隔震支座能够产生较大水平位移，使管廊结构自振周期有效延长，从而避开地震动的卓越周期，大幅减小地震作用对结构的影响。滑动隔震支座则依靠摩擦滑动机制发挥作用，当地震波传来时，支座通过摩擦滑动消耗地震能量，将结构加速度响应控制在较低水平，避免管廊结构因加速度过大而遭受破坏。对于多层管廊结构，层间隔震技术展现出独特优势。它通过在管廊各层之间设置隔震层，减少地震作用在层间的传递。该技术可根据管廊具体结构形式和所处区域的地震作用特点进行灵活设计，例如调整隔震层的刚度、阻尼等参数，实现针对性的抗震性能优化，提升管廊结构整体抗震能力。消能减震技术则聚焦于通过在管廊结构中设置消能装置来耗散地震能量<sup>[3]</sup>。金属屈服阻尼器利用金属材料在塑性变形阶段的能量吸收特性，将地震能量转化为金属的内能；摩擦阻尼器借助摩擦力做功消耗地震能量；粘滞阻尼器利用粘滞流体的阻尼特性，将地震能量转化为热能散发出去。这些消能装置协同工作，有效减小管廊结构的地震响应，为管廊主体结构安全构筑起坚实防线。

### （四）智能监测与评估技术

在提升地下综合管廊抗震性能的进程中，智能监测与评估技术发挥着至关重要的“诊断师”与“决策参谋”作用，贯穿于结构安全保障的各个环节。传感器监测技术是获取管廊结构抗震状态信息的“触角”。在管廊的关键部位科学布置加速度传感器、应变传感器、位移传感器等多种类型传感器<sup>[4]</sup>。加速度传感器宛如敏锐的“感知器”，精准捕捉管廊结构在地震波冲击下的加速度响应，其数据能直观反映地震作用强度，为判断地震对管廊的影响程度提供基础依据。应变传感器如同结构的“体检仪”，实时监测管廊结构的应变变化，哪怕微小的应变异常都能被及时察觉，进而判断结构是否已出现损伤隐患。位移传感器则像精准的“标尺”，精确测量管廊结构的位移情况，以此评估结构的变形程度，为判断结构是否处于安全变形范围内提供关键数据。数据传输与处理技术搭建起信息传递与深度挖掘的“桥梁”。建立高



效稳定的数据传输系统，确保传感器采集到的海量数据能实时、准确地传输至监控中心。借助大数据分析、人工智能算法等先进技术，对监测数据进行深度处理与分析，挖掘数据背后的潜在规律。通过不断学习大量监测数据，可构建出管廊结构的动力响应模型和损伤评估模型，实现对管廊结构抗震性能的实时评估与精准预警，提前预判可能出现的结构风险<sup>[5]</sup>。健康诊断与决策支持技术是保障管廊结构安全运行的“指挥官”。基于智能监测与评估结果，对管廊结构的健康状况进行全面诊断。一旦监测数据出现异常或结构出现损伤，系统会立即发出预警信号。决策支持系统根据管廊结构的损伤程度和地震作用特点，迅速制定科学合理的维修加固方案，为管廊结构的维护和管理提供精准指导，助力管廊结构在震后快速恢复功能。

### 三、未来研究方向展望

#### （一）多学科交叉融合研究

在提升地下综合管廊抗震性能的研究领域，多学科交叉融合犹如强劲引擎，驱动着创新发展。这一复杂课题跨越土木工程、材料科学、地震工程、信息技术等多个学科边界，各学科优势互补、协同共进，方能攻克难关。土木工程为管廊抗震设计搭建起结构框架，奠定力学基础；材料科学聚焦微观特性，为结构赋予抗震“基因”，不断研发高强度、高韧性、耐腐蚀的新材料；地震工程深入剖析地震波传播规律与结构响应机制，为抗震设计提供科学依据；信息技术则搭建起实时感知与智能决策的桥梁。展望未来，应进一步深化多学科交叉融合。依托材料科学突破，开发具备能量吸收、自修复等特性的智能材料，增强结构韧性；借助信息技术浪潮，构建基于物联网、大数据的智能监测评估体系，实现全生命周期动态管理。通过多学科协同创新，为地下综合管廊打造坚不可摧的抗震防线，保障城市生命线工程安全稳定运行。

#### （二）复杂地质条件下抗震技术研究

在地下综合管廊的实际建设场景中，复杂地质条件犹如隐匿的“暗礁”，给抗震设计带来诸多难题。软土地区土体含水量高、压缩性大且强度低，地震作用下土体易发生流动变形，管廊结构易出现整体倾斜、差异沉降等问题，影响其正常使用甚至引发结

构破坏；岩溶地区地质构造复杂，地下溶洞、溶槽分布无规律，地震波传播时会在岩溶空洞处产生反射、折射，造成管廊结构局部应力集中，破坏风险加剧；断层破碎带岩体破碎、稳定性差，地震引发的断层错动会直接冲击管廊结构，产生巨大剪切力，导致结构开裂、错位。鉴于此，未来需加大对复杂地质条件下抗震技术的研究投入。结合不同地质特征，创新抗震设计方法，如软土区采用桩基础与隔震支座联合设计，岩溶区优化管廊线路与加强局部支护，断层破碎带设置缓冲耗能装置。同时，探索与之匹配的施工工艺，保障管廊抗震性能。

#### （三）全寿命周期抗震性能研究

地下综合管廊作为城市地下“生命线”工程，设计使用年限通常长达数十年甚至上百年，其抗震性能并非一成不变，而是处于动态演变之中。在漫长的使用周期里，诸多因素会对管廊结构抗震性能产生显著影响。材料老化是重要一环，混凝土碳化、钢筋锈蚀等问题会逐步削弱结构强度与韧性；环境侵蚀同样不可小觑，地下潮湿环境、化学物质渗透等会加速结构劣化；地震作用累积效应也不容忽视，多次地震的冲击会使结构产生微小损伤并逐渐累积，降低抗震能力。为保障管廊结构长期安全运行，未来亟需开展全寿命周期抗震性能研究。深度融合材料科学、结构力学、环境科学等多学科知识，综合考虑上述因素，构建涵盖结构全生命周期的抗震性能评估模型。通过该模型，可精准预测不同阶段抗震性能变化趋势，提前制定维护加固策略，实现从设计、施工到运维的全过程抗震性能动态管控。

### 四、结论

在韧性城市理念下，提升地下综合管廊的抗震性能是保障城市安全运行的重要举措。本文从地震破坏机理分析入手，阐述了结构设计与优化、新型材料应用、减隔震技术以及智能监测与评估等提升地下综合管廊抗震性能的关键技术。通过合理应用这些关键技术，可以有效提高地下综合管廊的抗震能力，减少地震灾害对城市的影响。未来，还需要进一步加强多学科交叉融合研究，解决复杂地质条件下的抗震技术难题，开展全寿命周期抗震性能研究，为地下综合管廊的抗震设计、建设与维护提供更加完善的理论和技术支持，推动韧性城市建设不断向前发展。

### 参考文献

- [1] 李刚, 赵文博, 杨梦柔. 地下管廊减隔震装置抗震性能分析 [J]. 西安科技大学学报, 2023, 43 (05): 933-940.
- [2] 叶志权, 董宏源, 梁厚燃, 等. 装配式地下综合管廊抗震性能影响因素分析 [J]. 科学技术与工程, 2022, 22 (23): 10238-10246.
- [3] 任青, 王恒栋, 邹家坤, 等. 地下综合管廊抗震措施研究 [J]. 施工技术 (中英文), 2022, 51 (01): 95-98+105.
- [4] 王辉. 装配式钢结构地下综合管廊应用技术研究 [J]. 建材与装饰, 2020, (11): 38-39.
- [5] 刘纯, 戚振强. 城市地下综合管廊建设管理模式及关键技术 [J]. 智能城市, 2017, 3 (03): 86.

# 基于 GIS 与遥感技术的广东省国土空间规划应用研究

王飞越

广东国地规划科技股份有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2024100002

**摘要：** 本文探讨了 GIS 与遥感技术在广东省国土空间规划中的应用，重点分析了土地利用现状与变化、土地覆被变化监测、城乡规划优化及生态环境保护中的实际效果。通过遥感影像数据与 GIS 平台的结合，有效实现了区域土地资源的动态监测、城市扩展趋势的预测以及生态环境质量的实时评估。案例分析表明，GIS 与遥感技术为土地管理与规划决策提供了精确的数据支持，推动了区域可持续发展。然而，数据获取与处理的时效性和精度仍有待提高。未来应加强多源数据融合和智能化分析方法的应用，以进一步提升空间规划的科学性与决策效率。

**关键词：** GIS 技术；遥感监测；国土空间规划

## Research on the Application of GIS and Remote Sensing Technology in Land Spatial Planning of Guangdong Province

Wang Feiyue

Guangdong National Land and Space Planning Technology Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong 510000

**Abstract：** This paper explores the application of GIS and remote sensing technology in land spatial planning of Guangdong Province, focusing on the analysis of land use status and changes, land cover change monitoring, urban-rural planning optimization, and ecological environmental protection. The integration of remote sensing imagery data with GIS platforms effectively achieves dynamic monitoring of regional land resources, forecasts urban expansion trends, and provides real-time assessment of ecological environmental quality. Case studies demonstrate that GIS and remote sensing technologies offer precise data support for land management and planning decision-making, promoting regional sustainable development. However, the timeliness and accuracy of data acquisition and processing still need improvement. Future research should focus on enhancing multi-source data fusion and intelligent analysis methods to further improve the scientific nature and decision-making efficiency of spatial planning.

**Keywords：** GIS technology; remote sensing monitoring; land spatial planning

## 引言

广东省作为中国经济发展重要的省份，其国土空间规划在促进区域协调发展和实现可持续发展目标中发挥着至关重要的作用。随着城市化进程的加快，广东省面临着资源配置、环境保护和土地利用等方面的复杂挑战。因此，科学的国土空间规划变得尤为迫切和重要。近年来，GIS（地理信息系统）与遥感技术凭借其强大的数据处理与空间分析能力，成为国土空间规划领域的重要工具。GIS 能够提供精确的空间数据管理与分析支持，帮助规划者对区域土地资源进行全面的监测与评估；遥感技术则通过卫星影像等高精度数据，对土地覆盖变化、环境质量及自然资源的动态变化进行实时监控，为规划决策提供了科学依据。二者的结合，不仅提升了规划精度与效率，也为优化资源配置、实现区域协调发展提供了重要支持。在此背景下，GIS 与遥感技术在广东省国土空间规划中的应用，展现了其在推动社会经济发展与生态环境保护之间平衡的潜力。

## 一、国土空间规划与 GIS 与遥感技术概述

### （一）国土空间规划的定义与发展历程

国土空间规划是指对国土空间资源的合理配置与优化利用，通过科学的规划手段实现区域发展、资源保护与生态环境可持续

性的一项系统性工作。其核心目标是统筹土地利用、经济发展与环境保护之间的关系，确保国土空间的高效、均衡与可持续发展<sup>[1]</sup>。自 20 世纪 80 年代以来，随着国家对土地资源管理需求的增加，国土空间规划逐渐成为政策制定的重要组成部分。最初，规划内容主要集中在土地利用及城市建设方面，但随着社会经济的



发展与环境问题的日益严峻,规划内容逐渐扩展至生态环境保护、资源利用效率等多个领域。进入21世纪后,随着信息技术的迅猛发展,尤其是GIS与遥感技术的成熟,国土空间规划逐渐由传统的手工测绘与数据分析方法转向依托现代信息技术的高效规划手段。

## （二）GIS与遥感技术概述及其在空间规划中的应用

GIS（地理信息系统）是一种集空间数据采集、存储、管理、分析与可视化为一体的信息技术平台,能够处理与分析地理位置相关的各种数据<sup>[2]</sup>。它通过空间数据模型与算法,支持对地理现象的深入分析与模拟,为国土空间规划提供科学决策依据。遥感技术利用卫星、无人机等遥感平台获取地表的高分辨率影像数据,能够实时监测地表变化与环境状况,广泛应用于资源调查、土地利用变化分析及环境监测等领域。两者的结合,形成了强大的空间数据采集、处理与分析工具,在国土空间规划中具有重要的应用价值。GIS为规划提供了精确的空间数据管理与分析功能,支持对土地利用、人口分布、基础设施等空间要素的综合分析;遥感技术则通过高效获取大范围、长期变化的数据,辅助规划人员进行土地资源、生态环境及城市扩展等方面的动态监测与评估<sup>[3]</sup>。

## 二、GIS与遥感技术在国土空间规划中的应用框架

### （一）GIS技术在国土空间数据管理中的应用

GIS技术在国土空间数据管理中的应用广泛且深刻,尤其在数据采集、存储、分析与展示等方面发挥了重要作用。国土空间数据管理涉及多种地理信息要素,如土地利用类型、自然资源分布、生态环境状况等,这些数据通常呈现出空间异质性与时空变化性。GIS通过建立空间数据模型与数据库,能够有效地组织、存储及管理大量复杂的地理空间数据,确保数据的完整性与准确性。例如,在广东省的土地资源管理中,GIS系统被用于建立涵盖土地利用、城市规划、生态保护等方面的数据库,通过空间分析技术对不同区域的土地利用现状进行精确评估和监控。具体应用包括土地利用变化监测、城市扩展预测和资源合理配置等。通过GIS的空间查询与分析功能,能够实现对不同尺度和层次的数据管理,如基于栅格数据和矢量数据的空间分析,对城市土地使用效率进行定量评估,帮助规划人员识别潜在的土地利用冲突区域。广东省“智慧城市”建设中的土地管理系统便利用GIS技术,实时更新土地资源数据库,为政府决策提供数据支持,促进了土地资源的可持续管理与优化配置<sup>[4]</sup>。

### （二）遥感技术在土地利用变化监测中的应用

遥感技术在土地利用变化监测中的应用具有显著优势,能够为国土空间规划提供高效、实时的监测手段。通过卫星影像、航空摄影等遥感数据源,遥感技术能够覆盖广泛的区域并实现周期性监测,尤其在大范围、复杂地形的土地利用变化监测中发挥了重要作用。以广东省为例,利用遥感技术对近20年来的土地利用变化进行了系统监测,揭示了该地区土地资源利用的动态变化。通过高分辨率的遥感影像数据,能够识别出城市扩展、农业用地转化为建设用地、生态保护区的变化等关键土地利用变动。具体而言,广东省通过对2000年至2020年期间的土地利用数据进行遥感解译,发现其中农业用地转化为建设用地的比例在大部分城市地区显著增加,特别是在珠三角地区,土地利用变化的年均增长率达到了2.5%。这些变化直接影响了生态环境、土地资源的可

持续利用及城市空间结构的合理性<sup>[5]</sup>。

### （三）GIS与遥感技术结合的空间分析模型

GIS与遥感技术结合的空间分析模型在国土空间规划中的应用,能够实现更加精细化与多维度的空间数据分析,提供决策支持。通过将遥感影像数据与GIS平台中的空间数据进行融合,可以构建基于空间分析的综合评估模型,进行土地利用优化、生态保护规划及城市扩展预测等任务<sup>[6]</sup>。例如,在广东省的资源环境监测中,通过结合遥感影像与GIS空间分析模型,能够对区域内的土地利用变化、环境污染源分布以及生态景观变化进行动态监控。具体应用如在珠三角城市群的土地规划中,遥感影像提供了不同年份的土地利用变化数据,GIS技术则利用这些影像数据进行空间插值、缓冲区分析与空间叠加,形成土地利用适宜性评估模型。通过该模型,规划者能够根据不同土地类型的适宜性,合理调整城市建设与农业用地的布局,避免过度开发与生态破坏。此外,该模型还能够不同空间尺度下,结合多时相数据,预测未来几年的土地利用变化趋势,为区域可持续发展提供科学依据。在环境保护领域,基于遥感影像的植被指数(NDVI)与GIS空间分析结合,能够识别生态敏感区域及水资源保护区,为精准规划与政策制定提供支持。

### （四）GIS与遥感技术在资源环境评估中的应用

GIS与遥感技术在资源环境评估中的应用为国土空间规划提供了全面、精准的支撑,尤其在自然资源监测与环境质量评估中发挥了重要作用。通过遥感影像获取的大范围、高分辨率数据,结合GIS平台的空间分析功能,能够实现资源环境的实时监控与长期趋势分析<sup>[7]</sup>。以广东省的水资源与土地资源评估为例,遥感技术能够对水体变化、森林覆盖率及土地利用情况进行高效监测,GIS则利用这些遥感数据进行空间分布分析与动态变化评估。在水资源评估中,遥感影像提供了对地表水体的精确定位,结合GIS的水系模型和水文分析工具,可以评估不同流域的水资源分布、可利用量及水质变化,为区域水资源管理与保护提供科学依据。在土地资源管理中,利用遥感影像对土地覆盖的变化进行监测,结合GIS的空间分析功能,可以评估土地资源的可持续利用性与生态环境的承载能力。在广东省,基于遥感与GIS技术的结合,评估结果显示珠三角地区由于过度城市化,土地退化面积逐年增加,生态环境质量下降。因此,GIS与遥感技术的结合不仅提升了资源环境评估的精度,还促进了资源的合理配置与环境保护的精细化管理。

## 三、广东省国土空间规划中的GIS与遥感技术应用案例分析

### （一）广东省土地利用现状与变化分析

广东省土地利用现状与变化的分析,充分体现了GIS与遥感技术在国土空间规划中的实际应用。通过遥感影像与GIS平台的结合,能够全面监测和分析该省土地资源的动态变化。近年来,广东省土地利用发生了显著变化,尤其是珠三角地区,城市化进程快速推进,农业用地逐渐转变为建设用地。利用高分辨率遥感影像对2000年至2020年期间广东省的土地利用数据进行监测,发现该区域的城市建设用地面积年均增长约3%,而农业用地面积在同一时期减少了近10%。通过GIS平台的空间分析功能,可以将遥感数据与地形、气候、交通等多维数据层叠加,实现对土地

利用变化的多角度分析<sup>[8]</sup>。例如,在深圳市,通过遥感技术提取的土地利用变化数据与GIS分析结果相结合,能够清晰呈现出城市扩张对周边农田与自然生态系统的影响,评估土地利用效率的变化及其对生态环境的潜在威胁。与此同时,遥感影像对地表变化的实时监测,可以为规划部门提供动态的土地资源管理数据,帮助科学调整土地利用规划,促进土地资源的可持续发展。广东省的土地利用变化分析结果显示,城乡建设的过度扩张对生态环境带来了明显压力,尤其在深圳、广州等大城市,土地利用结构的不合理导致了生态功能的削弱。

## （二）基于遥感数据的土地覆被变化监测

基于遥感数据的土地覆被变化监测在广东省国土空间规划中发挥了重要作用,尤其在动态评估土地覆盖类型的变化及其对生态环境的影响方面具有显著优势。遥感技术通过获取高频次的卫星影像数据,能够准确反映出土地覆盖类型的时空变化,尤其是农业用地、城市建设用地和自然生态用地之间的转换过程。在广东省,近年来通过遥感影像监测,发现珠三角地区的土地覆被变化主要表现为城市化进程加速,农田和自然植被逐渐被建设用地所取代<sup>[9]</sup>。以2010年至2020年的遥感数据为例,监测结果显示,珠三角核心区域的城市建设用地年均增长约4.5%,而农田和森林用地则分别减少了约6%和3%。遥感影像的分类精度使得土地覆被变化的类型能够准确识别,进而提供有力的数据支持。例如,通过对2005年与2020年遥感数据的对比分析,广东省的土地覆被变化图表明,深圳市和珠海市的城市扩张面积迅速增加,导致原本的湿地、农田及部分生态保护区被大量侵占。这种变化不仅影响了土地利用的效率,还对生态环境、尤其是水文循环与生物多样性造成了严重影响。

## （三）GIS技术在城乡规划中的空间分析与优化

GIS技术在城乡规划中的空间分析与优化提供了高效的决策支持,尤其在土地利用、基础设施布局 and 环境保护等方面发挥了至关重要的作用。通过空间数据的采集与处理,GIS能够为规划人员提供城市和乡村区域的详细空间信息,并通过精确的空间分析功能,优化土地资源的配置。在广东省的城乡规划实践中,GIS技术被广泛应用于不同层次的空间分析,例如土地适宜性评估、交通网络优化与公共服务设施布局分析。以广州为例,GIS技术被用于评估不同区域的土地利用适宜性,通过空间叠加分析,结合地形、土壤、气候等因素,对城市扩展区域进行精确选择,最大化利用土地资源,避免城市蔓延对生态环境的负面影响。同时,GIS还通过网络分析优化城市交通网络布局,考虑到人口密度、交通流量等因素,帮助规划部门提出科学合理的交通发展策略。对于城乡结合部,GIS技术能够分析乡村与城市之间的空间关系,识别城市化进程中可能出现的用地冲突,促进城乡一体化发展。此

外,基于GIS的空间优化还能够对公共服务设施进行合理布局,如教育、医疗和文化等设施,通过空间分析优化设施的分布,提升居民的生活质量<sup>[10]</sup>。在珠三角地区,利用GIS技术进行城乡规划的空间优化,使得土地资源的利用更加高效,城市基础设施得以合理配置,推动了区域协调发展和社会经济的可持续增长。

## （四）广东省生态环境保护中的遥感监测应用

广东省生态环境保护中的遥感监测应用为环境管理提供了强有力的技术支撑,尤其在监测生态环境变化、评估环境质量与实施保护措施等方面具有不可替代的作用。遥感技术通过高分辨率卫星影像和传感器获取地表信息,能够实时、全面地监测广东省内生态环境的动态变化。尤其在水体污染、森林覆盖率变化、湿地消失等生态问题的监测中,遥感技术的优势尤为明显。

以水体污染监测为例,通过遥感影像对广东省各大水系进行定期扫描与分析,可以及时发现水体的污染源、污染程度及其扩散趋势。近年来,遥感监测发现珠江三角洲的部分水体因工业污染和农业面源污染呈现出水质恶化的趋势。通过遥感影像中的水色指数(NDWI)与水体浑浊度的分析,能够精确监控水质变化,并为决策部门提供科学依据,指导水质保护与修复工作。

在森林资源监测方面,遥感技术能够精确评估广东省森林覆盖率的变化及森林健康状况。2015年至2020年间,通过遥感影像分析,监测结果显示,珠三角地区部分山区的森林覆盖率有所下降,主要受到城市化扩展与非法伐木的影响。利用遥感技术中的植被指数(NDVI)分析,可以快速识别出生态脆弱区,为生态修复项目提供数据支持。此外,遥感技术在湿地保护中的应用也至关重要,遥感影像能够监测湿地的面积变化及其生态功能的退化情况,帮助政府评估湿地保护措施的效果,优化保护策略。

# 四、总结

GIS与遥感技术在广东省国土空间规划中的应用取得了显著成效,尤其在土地利用变化监测、资源环境评估、城乡规划优化和生态环境保护等方面,提供了精准的空间数据分析支持。这些技术的结合,不仅提高了土地资源的利用效率,也优化了生态环境保护措施,推动了区域可持续发展。然而,当前的应用仍面临一些挑战,如遥感影像数据的获取和处理成本较高,分析结果的时效性和精确性有待提升。未来的研究可聚焦于提高遥感影像的获取频率与精度,结合人工智能技术进一步优化空间分析模型,从而提升土地资源管理和生态保护的精准度。此外,发展多源数据融合技术,强化GIS与遥感技术在实时监控与决策支持中的作用,将为广东省的国土空间规划提供更加科学、智能的解决方案,助力区域生态与经济的协调发展。

## 参考文献

- [1] 赵玲,王彪.遥感和GIS技术在国土污染区域面积测定中的应用研究[J].环境科学与管理,2022(008):047.
- [2] 郑乾科,肖琦,董龙香.测绘地理信息技术在国土空间规划中的应用与研究[J].户外装备,2023:139-141.
- [3] 燕晴晴.乡镇国土空间规划分区方法与管控机制研究[D].河南理工大学,2023.
- [4] 谭任咏.地理信息大数据在国土空间规划中的应用研究[J].城市情报,2023(13):0103-0105.
- [5] 毛乾宇.基于卫星遥感及GIS空地一体化智慧矿山技术研究及应用[J].煤炭科技,2023,44(3):172-176.
- [6] 吴峰.基于生态环境质量评价的信江流域国土空间生态保护修复关键区域识别研究[D].江西理工大学,2023.
- [7] 刘浩.基于遥感影像的广东丹霞山丹霞地貌特征及成因分析[D].东华理工大学,2023.
- [8] 刘昊然.国土空间规划大数据应用方法框架探讨[J].智能建筑与智慧城市,2023(5):39-41.
- [9] 殷瀚超.GIS测绘技术在土地测量工程中的应用研究[J].华北自然资源,2021,(01):68-69.
- [10] 杜婵娟.测绘地理信息技术在国土空间规划中的应用[J].河南建材,2023(11):36-38.

# 基于 GIS 的井冈山市红色文化遗产廊道体系研究

刘尚齐

东南大学建筑学院，江苏 南京 210096

DOI:10.61369/UAID.2024100008

**摘要：** 随着遗产保护工作的研究范围与领域不断扩展，遗产廊道作为一种宏观层面下对文化景观综合保护的理念被广泛应用，但在红色文化遗产的保护利用方面存在研究空白。本文基于遗产廊道理论，以井冈山市域为研究范围，通过 ArcGIS 平台梳理红色文化资源的时空分布特征，识别不同文化资源集聚区，并通过最小累积阻力模型模拟红色文化资源的空间可达性，探究适宜红色文化遗产廊道的走向对的带状区域，筛选提取潜在的红色文化遗产廊道，构建基于既有城市道路网络的游步道体系，从点—线—面三个维度对井冈山市域的红色文化遗产廊道体系构建进行研究。

**关键词：** GIS；红色文化；遗产廊道；井冈山

## GIS-Based Study of Red Cultural Heritage Corridor System in Jinggangshan

Liu Shangqi

Master of Architecture, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210096

**Abstract：** With the continuous expansion of research scope and fields in heritage conservation, the concept of heritage corridors has been widely applied as an integrated approach for protecting cultural landscapes at a macro level. However, there remains a research gap in its application to the conservation and utilization of red cultural heritage. Based on heritage corridor theory and using Jinggangshan City as the study area, this research systematically examines the spatiotemporal distribution characteristics of red cultural resources through ArcGIS platform, identifies different cultural resource clusters, and simulates the spatial accessibility of red cultural resources using the Minimum Cumulative Resistance (MCR) model. The study explores suitable corridor routes and extracts potential red cultural heritage corridors, ultimately constructing a trail system based on existing urban road networks. This provides a multidimensional (point–line–polygon) framework for establishing a red cultural heritage corridor system in Jinggangshan City.

**Keywords：** GIS; red culture; heritage corridor; Jinggangshan

## 引言

遗产廊道概念源自美国，是一种融合了生态休闲与文化遗产等等功能的区域性遗产保护模式。近年来，随着遗产保护工作的深入，我国遗产保护的重点呈现出由重视单体向重视群体、由重视文化自身向重视其与生态、经济、社会等相关要素的关系转变的趋势。遗产廊道作为区域尺度下对文化遗产进行保护利用的重要方法现被广泛应用于规划之中。

然而，现有遗产廊道研究对红色文化遗产的关注不足。当前对红色遗产的保护以文保单位等点状空间载体为主，区域联动性薄弱，导致核心遗产过度集中而一般遗产边缘化，形成“保护真空”。在此情况下，遗产廊道不仅能够发挥空间整合功能，更能承载革命历史记忆的连续性，通过线性空间的塑造再现革命时空历程中的战略转移轨迹，使离散的红色遗址形成叙事性整体。地理信息系统（Geographic Information System, GIS）具备科学化探究要素之间的空间耦合关系的性能，能够依托适宜性分析的思路将文化遗产要素和其存在所依附的自然山水环境有机结合，辅助红色文化遗产廊道的构建。

因此，本文旨在以 GIS 平台为依托，选取井冈山市域内的红色文化资源为研究对象，进行空间分布特征分析，识别资源集聚区域，总结红色文化资源的时空分布特征，并通过最小累计阻力模型模拟遗产空间的可达性，探索适宜廊道走向的带状区域，助力分析得出潜在的文化遗产廊道，为井冈山市红色文化资源的整体性保护和可持续利用提供一定的数据支撑与参考。



## 一、研究数据及方法

### （一）井冈山红色文化资源概况

井冈山市位于江西省南部，地处湘赣两省交界处的罗霄山脉中段，因其辉煌灿烂的革命历史同样是“中国革命的红色摇篮”。历时三年的斗争过程为井冈山留下了特色鲜明且种类繁多的红色资源，涵盖了红色遗址、文物、革命诗词歌赋、革命故事及井冈山精神。迄今保存完好的红色革命旧址遗迹达百余处，其中22处被列为全国重点文物保护单位，36处被列为省级重点文物保护单位，34处被列为市级文物保护单位。由于长期缺乏整体性的保护认知，现红色文化资源的保护与利用呈现较为明显的空间极化现象，各资源点集聚区相互疏离，许多红色文化资源点成为“孤岛”，区域性红色文脉亟待提炼挖潜。

### （二）数据库建立

本文使用到的数据包含红色文化遗产名录及自然地理信息数据两类。一方面，本文通过查阅《井冈山革命遗址文物保护单位统计表》《井冈山市文物保护单位名录》等相关资料获取井冈山地区红色文化遗产的基本信息，通过 Google earth 和文献资料梳理确定井冈山市红色文化资源点的地理位置并进行地址解析和属性连接，再借助高德地图平台获取的风景名胜 POI 数据筛选出与红色文化相关的文化服务设施，将坐标重复的资源点筛选排除后最终确定共93处红色文化资源点，同时整合历史文献推演的革命活动路径，构建完整的红色文化资源数据。对红色的文化资源数据进行编辑，录入发生时期、类别、级别、事件主题等信息，为后期对红色文化资源时空分布特征及聚落识别与分类的研究打好基础。另一方面，本文通过地理空间数据平台获取井冈山市遥感影像数据、12.5m 精度 DEM 高程栅格数据，借助中科院资源环境科学与数据中心平台获取井冈山市 30m 精度土地利用栅格数据、井冈山市道路网络 OSM 矢量数据等自然地理信息数据。

### （三）研究方法

遗产廊道由遗产点、游步道、绿色廊道和解说系统构成，前三者构成点—线—面的空间结构体系，解说系统则诠释其文化内涵。针对红色文化资源因历史活动路线缺失而难以考证的特点，本文提出以下研究方法：

在对红色文化资源点识别与分类的基础上，首先通过核密度分析和空间自相关方法，识别红色资源集聚区并分析其时空分布特征。其次，基于地形、土地利用和道路等要素构建最小阻力模型，借助适宜性分析的思路构建绿色廊道，串联各资源聚落模拟具有文化内涵的线性文化景观廊道。进而采用最小路径法提取潜在遗产廊道，结合历史红军轨迹和现代路网，形成革命斗争展示路径作为游步道系统。最终整合资源聚落、绿色廊道和游步道系统构建空间格局，在此基础上叠加具备说明展示内涵功能的解说系统，建立完整的红色文化遗产廊道体系。

## 二、井冈山市红色文化资源时空分布

本研究依据井冈山革命斗争的历史进程，将红色文化资源

划分为四个发展阶段：开创期（1927.10—1928.5）、发展期（1928.6—1929.1）、坚持期（1929.2—1930.2）以及纪念期（1930年至今），基于此分期框架对现存红色文化资源点进行时空匹配，借助 ArcGIS 的核密度分析法，根据最小乡镇近似为圆的平均半径设置核密度搜索半径为 5000m，计算井冈山红色文化资源点的分布密度。

从红色文化资源在井冈山的空间分布来看，发现井冈山现有红色资源点整体呈现“小集中、大离散”的特质，且主要沿西北—东南向形成轴线分布，从新城、龙市经由茅坪、茨坪至黄坳再到光明形成了较为明显的带状密集区。资源点在以茨坪、茅坪为核心的井冈山风景区地区最为集中，形成以茨坪为主核心，茅坪为次核心的区域一级节点；在井冈山东部的龙市镇，北部的柏露—新城以及南部的黄坳—光明区域分布比较集中，环绕中心形成二级节点。

从时空分布角度而言，开创时期红色文化资源整体呈带状分布，大多集中于龙市—茅坪一带，向茨坪、黄坳方向蔓延，呈现革命活动由西北向东南发展的活动态势。发展时期的资源则呈现出多核心的分布态势，主要集中于茅坪镇，其次分布集中与茨坪镇、龙市镇、光明乡以及新城—柏露一带。坚持时期红色文化资源分布紧凑，与军事遗址关联度较高，明显集中分布于茨坪地区，其余乡镇地区资源分布较为单一或无分布。纪念时期以来集聚区在井冈山境内分布较为均匀，呈现出小集中大离散的状态。

综合上述结论，并结合革命活动的内容以及资源点的空间集聚，按主题将井冈山红色文化资源分为分龙市—古城、茅坪—柏露、茨坪、光明—黄坳、拿山—厦坪五个红色文化遗产集聚区，分别对应革命根据地的建立、红色政权的发展、革命根据地核心驻地、红色精神传唱、红色文化现代演绎五个文化主题。在此基础上，利用 ArcGIS 的中心要素分析工具提取每个集聚区中价值等级较高且空间位置相对居于中心的资源点作为核心源点，反应每个集聚区的核心文化内涵，并应用于后续的适宜性评价及潜在红色文化遗产廊道提取。

## 三、基于 GIS 的井冈山市红色文化遗产廊道构建

### （一）综合成本阻力面构建

本研究基于科学性与可操作性原则选取高程、坡度、土地利用类型以及距公路距离共四个关键因子构建阻力评价体系。其中高程与坡度与阻力值呈正相关，高海拔和陡坡区域会显著增加建设难度和生态影响。用地类型则反映了遗产廊道的穿越成本，因而按照穿越难易程度划分为五类，从建设用地或未建设用地、耕地、草地、水域到林地阻力值依次递增。道路可达性则采用经高程校正的欧氏距离算法进行评估。最后通过 ArcGIS 栅格计算器对各因子阻力面进行加权叠加，最终生成综合成本阻力面。

### （二）基于资源价值判断的廊道适宜性分析

遗产廊道的构建应侧重于对价值属性较高的资源分布集聚区进行保护利用，综合前文提取的核心源点，基于最小阻力模型，通过 ArcGIS 的成本距离工具进行计算，得出红色文化遗产廊道构

建的适宜性评价,并将其进一步划分为廊道适宜用地、廊道较适宜用地和廊道不适宜用地三类,得到最终的红色文化遗产廊道的适宜性分区图斑,构成井冈山红色文化遗产廊道的绿色廊道系统(图1)。得到的遗产廊道适宜性地区主要呈现出沿西北—东南与东北—茨坪的较为明显的带状区域,这一格局与红色文化资源集聚态势相互呼应。

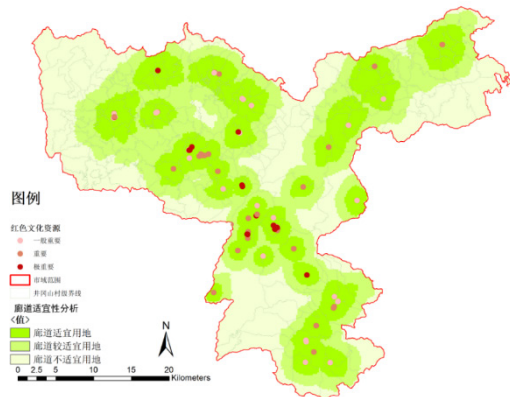


图1 红色文化遗产廊道适宜性分析

### (三) 潜在红色文化遗产廊道提取

综合上述阻力评价结果和红色文化资源集聚区的分布情况,利用 ArcGIS 的成本路径工​​具生成多段各源点到其他源点之间的最短路径,并剔除重复路径,确定井冈山市域内潜在的红色文化遗产廊道网络。在结合现状交通网络布局,对红色文化遗产廊道网络进行筛选后,最终得到将所有集聚区核心源点全部串联的建议游览路径。

本研究提取重合度较高的西北—东南向最短路径作为廊道主骨架,搭建新城—古城—龙市—茅坪—茨坪—黄坳—光明一级遗产廊道,向北延伸至永新三湾镇,向南延伸直遂川;提取重合度较低的新城—柏露—茅坪作为廊道的次骨架,搭建二级廊道;提取除一二级廊道外的其余连接各红色文化资源点的最短路径为游步道网络;整体结构基于适宜性评价确立骨架廊道两侧3km左右范围作为遗产廊道的景观载体,增强沿线文化遗产与线路的联

系,各要素相互叠加最终形成井冈山红色文化遗产廊道体系,综合提升区域层面的整体价值(图2)。

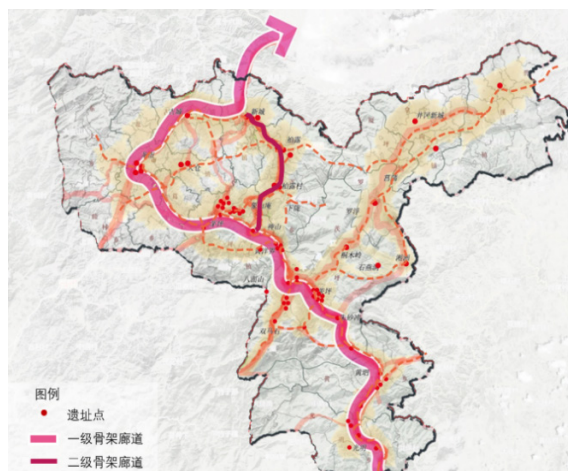


图2 井冈山红色文化遗产廊道体系规划图

## 四、结语

遗产廊道构建不仅强化了资源点间的空间关联,更有效重构了具有革命教育意义的历史轨迹,系统梳理了地方红色文化脉络。本研究以井冈山市为例,基于遗产廊道理论框架,运用 ArcGIS 空间分析方法,系统开展了红色文化资源集聚区识别、遗产廊道适宜性评价及潜在廊道提取研究。结果表明,市域红色文化资源呈显著带状分布格局,形成以茅坪—茨坪为核心,南延至黄坳、光明,北伸至龙市、新城的空间集聚区,基于此可以构建包含2级骨架廊道和3个子系统的井冈山遗产廊道网络体系。本研究创新性地​​将最小累积阻力模型应用于红色文化遗产保护领域,为同类资源的系统性保护与活化利用提供了方法论参考。但需指出,当前方法在环境因子选取、阻力值设定等方面仍存在标准化不足的问题,未来研究需进一步完善基于规划实践的技术标准体系。

## 参考文献

- [1] 洪霞芳,黄灵光.基于GIS的江西省红色旅游资源空间分布格局分析——以不可移动革命文物为例[J].企业经济,2022,41(02):125-131.DOI:10.13529/j.cnki.enterprise.economy.2022.02.014.
- [2] 李文璇,曹象明.基于适宜性分析的山西省明代内长城沿线传统聚落遗产廊道构建方法[J].小城镇建设,2022,40(01):59-68.
- [3] 孙雪峰.基于GIS的罗霄山红色旅游资源调查与评价研究[J].当代旅游,2021,19(36):37-39.
- [4] 孔垂锦,郑溪.基于GIS的云南省文化遗产空间分布特征及廊道重构研究[C]//.面向高质量的空间治理——2021中国城市规划年会论文集(09城市文化遗产保护),2021:12-21. DOI:10.26914/c.cnkihy.2021.027662.
- [5] 蒋嘉雯.空间叙事视角下的粤东乡村红色革命遗址数字化保护与利用研究[D].广东工业大学,2021.DOI:10.27029/d.cnki.ggdgu.2021.000147.
- [6] 李仁靓.遗产廊道视野下的红色文化遗产研究[D].安徽大学,2020.DOI:10.26917/d.cnki.ganhu.2020.000472.
- [7] 郝海判,陈晓键.红色文化遗产群落组合模式及保护利用研究——以陕北地区为例[J].城市建筑,2019,16(22):31-38.DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2019.22.006.
- [8] 王卓.基于遗产廊道理念的重庆都市区抗战遗产整体性保护与利用[D].重庆大学,2018.
- [9] 李和平,王卓.基于GIS空间分析的抗战遗产廊道体系探究[J].城市发展研究,2017,24(07):86-93.
- [10] 王思思,李婷,董音.北京市文化遗产空间结构分析及遗产廊道网络构建[J].干旱区资源与环境,2010,24(06):51-56.DOI:10.13448/j.cnki.jalre.2010.06.037.
- [11] 李伟,俞孔坚,李迪华.遗产廊道与大运河整体保护的​​理论框架[J].城市问题,2004(01):28-31+54.

# 集成式 AI 大模型在历史文化资源整体复兴中的创新应用

刘丰毅<sup>1</sup>, 庞艳<sup>2\*</sup>, 姚子刚<sup>1\*</sup>

1. 华东理工大学, 上海 200237

2. 上海同增规划建筑设计事务所有限公司, 上海 200092

DOI:10.61369/UAID.2024100011

**摘要 :** 随着人工智能发展, 历史文化景观规划迎来革新。本论文以瑞安市百好乳品厂为样本, 探索构建集成式 AI 大模型, 搭建“规划—建筑—场景—IP” 四步生成式模型, 构建“文化基因挖掘—数智技术嵌入—沉浸体验设计”三位一体框架。研究运用深度学习等技术, 开发 AI 驱动的 IP 形象“一百”, 打造“四区十二景”文化体验空间, 借助个性化推荐系统实现精准匹配。研究表明, AI 技术通过文化遗产数字化解析等三大机制, 赋能历史文化景观振兴与品牌活化。

**关键词 :** 振兴老字号品牌; 历史文化区更新; AI 赋能传统文化

## The Innovative Application of Integrated AI Large Model In The Overall Revitalization of Historical And Cultural Resources

Liu Fengyi<sup>1</sup>, Pang Yan<sup>2\*</sup>, Yao Zigang<sup>1\*</sup>

1. East China University of Science and Technology, Shanghai 200237

2. Australia Oceania International Pty Ltd. Shanghai 200092

**Abstract :** As artificial intelligence technology advances rapidly, historical and cultural landscape planning is witnessing a technological transformation. This paper focuses on creating an integrated AI large model to foster innovation, collaboration, and sustainable development in the field. Using Ruian City's Baihao Dairy Factory as a case, the study explores leveraging AI to integrate time-honored brands with historical and cultural resources. It constructs a four-step "planning – architecture – scene – IP" generative model and a three-in-one framework for cultural gene mining, digital tech embedding, and immersive experience design, achieving coordinated development of landscape renewal and brand revitalization. The research applies deep learning, natural language processing, and Stable Diffusion tech to develop an AI – driven IP "One Hundred" and a virtual-real "Four Districts and Twelve Scenic Spots" space. A data – driven system matches tourist behavior with brand elements. It confirms that AI revitalizes landscapes via three key mechanisms.

**Keywords :** renew time-honored brands; update historical and cultural areas; empower traditional culture with AI

## 引言

中国传统文化承载着悠久历史, 是文化认同与民族自豪感的重要源泉, 老字号品牌作为其关键部分, 凝聚智慧汗水, 成为文化传承典范; 历史文化资源以物质和非物质形式记录民族成长, 是民族记忆的重要载体, 二者天然契合, 是文旅融合的核心与方向。瑞安市百好乳品厂历史建筑更新项目便是典型, 作为老字号品牌, 其品牌故事与工匠精神是地方文化符号。项目运用 AI 挖掘品牌历史, 借虚拟现实重现发展历程, 打造沉浸式体验, 还利用 AI 优化建筑更新设计, 满足游客需求。历史与科技结合, 传承文化价值, 为文旅融合提供创新范例, 实现历史保护与现代发展双赢。

作者简介: 刘丰毅 (2004.12–), 男, 汉族, 河北省邢台市人, 大学本科在读, 职称无, 风景园林专业。

通讯作者:

庞艳 (1977.01–), 女, 汉族, 广西省桂林市, 研究生学历、高级工程师、从事的研究方向: 城市更新, 文化遗产, 城市复兴, 乡村振兴, 历史文化建筑保护, 智慧城市, 城乡可持续发展。

姚子刚 (1977.11–), 男, 汉族, 江苏省东台市人, 博士学位, 高级工程师, 华东理工大学旅游规划与会展研究所 (校级) 所长, 主要从事文化遗产、城乡规划方面研究。



## 一、文献综述与理论框架

### （一）研究目标与意义

近年来，AIGC 技术以深度学习和自然语言处理为核心，在文化创意等领域潜力巨大。它能自动生成多元内容，为老字号与历史文化区联动开辟新路径。在老字号品牌管理方面，国内深入研究，AIGC 深度融入品牌全生命周期，助力数字化转型，提升视觉设计效率、可持续性及品牌价值。在历史文化区场景中，AIGC 成果显著，在文化遗产保护等方面优势突出，为城市品牌整合资源等提供技术支持。

不过, AIGC 技术赋能时面临联动性不足等挑战, 文字图片交互单一, 缺乏集成式 AI 模型, 文化理解等问题也有待解决。随着技术发展, AIGC 在文化领域应用场景将拓展, 推动传统文化现代化转型。<sup>[1-3]</sup>

## （二）理论创新

本研究构建“规划—建筑—场景—IP”四位一体的景观规划大模型框架，以集成式 AI 技术为核心，打造文化基因挖掘、空间生成优化、沉浸叙事设计与品牌 IP 活化的全流程闭环系统。该框架突破传统景观规划的数据割裂与环节孤立问题，通过多模态数据融合、跨层级模型协同及动态反馈机制，实现历史文化遗产保护、空间功能更新与文化价值传播的深度融合。其理论基础涵盖文化传承创新理论、AI 多模态生成模型、城市品牌理论与符号互动论，形成“数据驱动决策—模型协同生成—价值动态迭代”的一体化逻辑，为历史文化资源复兴提供系统性解决方案。

### （三）研究目的

对于城市而言,建筑风格、历史遗存与文化轨迹构成其独特特质,唯有尊重历史、善待文化资源,做好保护与继承,才能维系城市文脉与个性,推动城市文化发展。历史建筑作为城市文化的重要载体,承载着社会发展与文化演变的印记,传承其文化脉络,对保护物质遗产、延续精神价值意义重大。瑞安市百好乳品厂历史建筑承载着地方工业记忆与百好品牌文化,见证地方经济辉煌,凝聚工匠精神与时代特色,传承其文化脉络,既能保留建筑历史价值,又能唤起人们对过去生产生活方式的感知,增强社会历史认同感与归属感。

本研究以百好乳品厂历史建筑为对象,挖掘建筑与品牌的文化关联,提炼其文化内涵,探索二者相互赋能路径,推动历史文化动态传承,使其与现代社会需求融合,焕发持久生命力。<sup>[4-5]</sup>

## 二、方法论与技术架构

### （一）研究方法

随着经济飞速的发展,人们的生活方式也逐渐时代性的发生改变,历史文化街区的休闲活动,慢慢成为人们一种新潮流的选择方式。城市其实就是靠记忆而存在的,历史遗迹以及传统风貌承载着该地区的记忆,历史文化街区代表着城市形象,并吸引民众光临这传承经典的城市。因此在厂区更新中,我们将原有场地划分为了四块不同的主题区,分别为百年好合,百事好运,百工

好物，百好擒雕，分别对应婚恋，祈福，非遗手工艺体验和运动活动区

## （二）AI辅助历史文化景观更新

本研究构建“数据融合—方案生成—动态验证”三位一体的集成式 AI 技术路径, 破解历史文化景观更新中文化保护、功能适配与体验创新的协同难题。基于多模态数据湖, 整合历史文献语义挖掘、高精度三维建模、游客行为日志及城市环境数据, 借 Transformer 架构生成三维权重矩阵。以百好乳品厂为例, AI 提取 17 项核心文化标签并量化空间权重, 为方案制定奠基。<sup>[6]</sup>

生成式 AI 实现跨层级优化，规划层用强化学习生成“四区十二景”，建筑层结合 Stable Diffusion 与 GAN 生成改造方案、迁移立面风格。AI 大模型搭建数字孪生平台，支持多方实时协作，利用语义分割划分功能模块，以强化学习平衡各方需求。该框架实现历史景观精准更新，通过数据共享与智能决策，推动跨领域协同创新，赋予老字号品牌可持续发展动力。



图1 百好盈门场景更新流程图 来源:[作者自做]

### （三）数据驱动的个性化场景体验设计

AI 为历史文化景观更新后的场景构建带来全新技术赋能范式，主要聚焦商业运营与用户体验两大核心领域。在商业层面，AI 凭借多源大数据剖析消费者行为轨迹、偏好标签及市场趋势，助力老字号品牌精准锚定目标客群，定制分层营销策略；同时借助自然语言处理与视觉生成技术，自动产出富含文化底蕴的营销文案、多媒体广告，构建全域传播矩阵，提升品牌现代曝光度。<sup>[7-8]</sup>

在用户体验优化与空间服务创新方面，AI 依托语言大模型构建“数据采集 - 行为分析 - 智能推荐”闭环体系。通过解析用户会话时长、点击频次等多维度数据，深度洞察文化偏好，结合智能算法为游客定制个性化体验方案，如在“百工好物”非遗区精准推送适配手工活动，并以虚拟向导解读品牌文化。在空间服务上，AI 依据历史文化区结构与资源分布，打造动态路线规划模型，以兴趣图谱匹配文化解说、互动任务，实现品牌文化叙事的沉浸式传递。黄山景区与支付宝合作的“全程 AI 伴游”智能体，正是该模式的成功实践，其整合大模型技术与景区服务生态，实现历史景观与现代旅游的深度融合。这种数据驱动的技术应用，既提升游客体验，又推动“文化传承 - 技术赋能 - 商业转化”的良性循环，为文旅产业智能化升级提供可复制范式。

#### （四）AI驱动的IP形象“一百”互动体验设计

为了进一步提升游客的沉浸感与互动性，本项目利用 stable diffusion 中的 AI 图片生成技术设计了品牌 IP 形象“一百”，一个可爱的小男孩角色，作为人工智能旅游搭子，帮助游客深入了解百好乳品厂的历史文化与现代文旅体验。“一百”作为数字代言人，通过 AI 技术与游客进行互动，成为引导游客探索历史文化的智能向导。利用语音识别与自然语言处理技术，游客可以通过与“一百”对话，了解百好品牌的历史背景、文化故事及建筑的特

历史。例如在“百年好合”婚恋文化板块，“一百”能够为游客提供与品牌相关的婚恋故事并推荐定制化的婚礼场景和纪念品。<sup>[9-10]</sup>

利用人工智能为老字号品牌与历史文化区辅助 IP 设计的具体步骤为，首先利用 CLIP 文本编码器对输入文本进行处理，将其解析为 Stable Diffusion 能够理解的潜在特征表示（Latent Feature）。随后，这些潜在特征被传递至 Stable Diffusion 的核心部分——“图像生成与优化模块”，由该模块对图像生成过程进行全面的控制与优化，确保输出结果与输入文本的语义高度契合。关于“图像生成与优化模块”，其工作原理如图 2 所示。该模块的核心由 U-Net 网络和调度算法（Scheduler）共同构成。

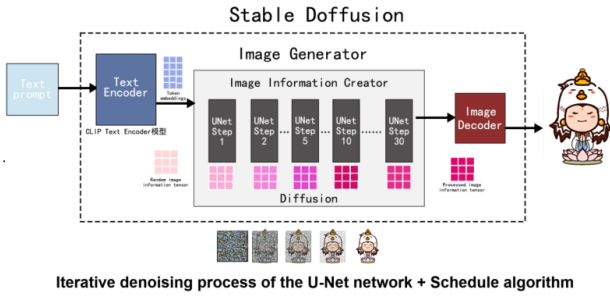


图 2 AI 图像生成模型运行原理 来源：[作者自做]

### 三、研究结论

本研究深度融合集成式 AI 大模型与多模态技术，在百好乳品厂历史景观更新中实现文化遗产保护与活化的双重突破。AI 整合多源数据与智能决策，构建“规划—建筑—场景—IP”链条，基于 Stable Diffusion 复原历史场景，优化空间布局，实现功能与真实性协同。

在历史文化传播与创新上，AI 数字代言人“一百”生动呈现百好品牌历史文化，结合品牌故事与现代文旅活动。游客通过与“一百”互动，感知品牌底蕴与价值，提升文化吸引力与情感认同，拓展品牌表现空间，增强品牌影响力。

项目借助 AI 推动文旅产业数字化转型，以智能化、个性化体验模式促进历史文化景区更新发展。“一百”作为桥梁，连接历史与现代、文化与科技，满足游客对深度体验、互动及个性化服务的需求，为文旅产业转型提供新思路 and 方案。实验显示，AI 通过文化遗产数字化解析、动态叙事生成与多模态交互优化三大机制，为老字号品牌注入活力，推动历史文化景观从“静态保护”向“活态传承”转变。

### 参考文献

- [1] 刘福龙, 鲁婕, 王楠. 基于景观空间文化认同的公共艺术介入策略研究——以河南灵宝函谷关历史文化景区为例 [J]. 装饰, 2023, (07): 130-132. DOI:10.16272/j.cnki.cn11-1392/j.2023.07.003.
- [2] 杨波, 张继焦. 商业文化遗产价值及其保护研究——以晋商会馆碑刻为中心 [J]. 贵州民族研究, 2020, 41 (12): 156-162. DOI:10.13965/j.cnki.gzmzyj.2020.12.020.
- [3] 赵妍. 东城区历史文化名城保护的实践与成效 [J]. 北京党史, 2019, (05): 52-54.
- [4] 文爱平, 田莉. “知识+AI”驱动下的规划赋能 [J]. 北京规划建设, 2024, (04): 196-200.
- [5] 白婷, 邓实权, 熊花, 等. 基于人工智能和遥感技术的城市更新单元识别方法研究及应用 [J]. 自然资源学报, 2023, 38 (06): 1517-1531.
- [6] 韩雪雯, 车尚锐, 杨梦晴, 等. 多模态数据驱动的 AI 智能体模式设计 [J]. 图书情报工作, 2024, 68 (24): 27-37. DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2024.24.003.
- [7] 刘若晨, 向鑫璐, 陈熙. 老字号品牌商业空间更新设计研究——以叶开泰为例 [J]. 安徽建筑, 2023, 30(02): 35-36+51. DOI:10.16330/j.cnki.1007-7359.2023.2.014.
- [8] 蒋彤. 基于整合营销传播的南京路老字号品牌 IP 化视觉更新策略研究 [D]. 华东理工大学, 2020. DOI:10.27148/d.cnki.ghagu.2020.000597.
- [9] 冯焱淇. 新媒体时代老字号品牌更新的成功之道——以北京故宫博物院为例 [J]. 现代营销 (经营版), 2019, (11): 80-82. DOI:10.19921/j.cnki.1009-2994.2019.11.062.
- [10] 张同越. AIGC 技术赋能数字媒体艺术创作的实践与研究 [D]. 上海音乐学院, 2024. DOI:10.27319/d.cnki.gsyyy.2024.000132.

# 房屋建筑工程施工质量与安全管理措施探讨

郭杰

佛山市城市建设工程有限公司，广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2024100003

**摘 要：** 房屋建筑工程施工质量与安全管理是建筑行业的重要环节，直接关系到工程的顺利交付、使用安全和经济效益。本文针对房地产工程和厂房工程的特点，深入探讨了施工质量与安全管理措施。研究内容包括质量管理体系的构建、施工过程中质量控制、安全管理制度的完善、施工现场安全防护以及人员培训等方面。研究发现，通过精细化管理和严格的安全把控，能够有效提升工程质量，降低施工风险，缩短工期，减少成本。这些措施在房地产工程和厂房工程中具有显著的应用价值，能够显著提高项目整体效益，增强企业的市场竞争力，为建筑行业的可持续发展提供有力支持。

**关 键 词：** 房屋建筑工程；施工质量；安全管理

## A Discussion on Quality and Safety Management Measures in House Building Construction

Guo Jie

Foshan City Construction Engineering Co., Ltd. Foshan, Guangdong 528000

**Abstract：** The quality and safety management of house building construction are important links in the construction industry, directly related to the smooth delivery of the project, its safe use, and economic benefits. This paper focuses on the characteristics of real estate projects and factory building projects, and explores the quality and safety management measures in depth. The research covers the construction of a quality management system, quality control during the construction process, improvement of safety management systems, safety protection at the construction site, and personnel training, among other aspects. The study finds that through refined management and strict safety control, it is possible to effectively enhance the quality of the project, reduce construction risks, shorten the construction period, and lower costs. These measures have significant application value in real estate and factory building projects, and can significantly improve the overall project benefits, enhance the market competitiveness of enterprises, and provide strong support for the sustainable development of the construction industry.

**Keywords：** house building construction; construction quality; safety management

## 引言

房屋建筑工程是建筑行业的核心，对城市化和工业发展意义重大。近年来，城市化进程加快，房地产市场需求旺盛，工业经济转型升级也推动了建筑工程建设规模扩大。施工质量与安全管理是房屋建筑工程的关键环节，关乎工程寿命、功能及施工安全。高质量施工可提升建筑耐久性和功能性，满足需求；严格安全管理能预防事故，保护人员生命安全，降低风险<sup>[1]</sup>。深入研究施工质量与安全管理措施，对提升管理水平、保障交付、降低风险及提升经济效益具有重要意义。本文旨在探讨有效的施工质量与安全管理措施，并结合房地产工程的实际案例分析其应用价值，为建筑行业可持续发展提供理论支持与实践指导。

## 一、房屋建筑工程施工质量与安全管理现状

### （一）施工质量问题

在房屋建筑工程中，施工质量问题普遍存在且影响深远。常见质量问题包括结构裂缝、渗漏、装饰装修缺陷等<sup>[2]</sup>。例如，某高层建筑基础工程因施工方未进行充分的墙体结构计算和强度测试，导致墙体开裂和渗漏；某工业厂房因外荷载作用和施工工艺

不当，出现结构裂缝，影响结构耐久性和安全性。这些问题产生的原因主要包括：设计缺陷，如设计图纸未充分考虑施工可行性，导致施工冲突和返工；施工工艺不合理，如混凝土浇筑振捣不充分、钢结构螺栓安装不规范等；材料质量不合格，如使用劣质材料或材料储存运输不规范；施工人员操作不规范，技术水平低、责任心不足导致失误频发<sup>[3]</sup>。这些问题不仅影响工程外观和使用功能，还可能引发安全事故，给人民生命财产安全带来威胁。



## （二）施工安全管理现状

在房屋建筑工程的施工安全管理现状中，安全事故频发且类型多样，主要集中在高处坠落、物体打击、坍塌等方面。例如，某厂在安装主厂房屋面板时，因作业人员未系安全带且施工工艺不合理，导致3人坠落死亡；又如，广东河源市一违法建筑施工工地发生坍塌事故，造成8人死亡，直接经济损失达1068万元。这些事故暴露出施工安全管理的薄弱环节，包括安全管理制度执行不严、安全教育培训不到位、安全防护措施缺失等。部分施工单位安全管理制度不完善，未能覆盖所有安全风险和作业环节。同时，作业人员安全意识淡薄，未正确使用防护用品，忽视安全操作规程。此外，安全投入不足，导致施工现场安全设施不完善，安全教育培训流于形式。这些问题不仅给企业和员工带来经济损失，更严重威胁到人民群众的生命安全。

## 二、房屋建筑工程施工质量管理措施

### （一）建立健全质量管理体系

建立健全房屋建筑工程施工质量管理体系是确保工程质量的关键。质量管理体系的架构设计需明确各部门及人员的质量职责与权限，形成层次分明、职责清晰的管理架构<sup>[4]</sup>。项目管理层负责制定质量方针、目标，统筹资源配置与协调；质量管理部门负责制定质量管理制度、监督执行情况，组织质量检查与验收；施工班组负责具体施工环节的质量把控，执行质量标准与规范。通过明确职责，确保每个环节都有人负责和监督。在质量管理制度方面，需制定完善的质量检查制度，明确检查内容、频次与方法，确保施工过程中的每个环节都符合质量要求；验收制度需严格按照国家和行业标准执行，确保工程质量达标；质量奖惩制度则通过激励与约束机制，对表现优秀的团队和个人给予奖励，对违规行为进行处罚，从而提高全员质量意识，推动质量管理水平持续提升。

### （二）强化施工过程质量控制

强化施工过程质量控制是确保工程质量的关键。在施工准备阶段，需严格把控施工图纸审查、施工方案编制与审批、材料设备采购与进场验收等环节。施工图纸审查由专业技术人员负责，重点检查准确性、完整性和可行性，确保设计意图正确实施；施工方案结合工程特点编制，明确工艺、标准和安全保障措施，经多方审核后严格执行；材料设备采购与进场验收依据质量标准进行，杜绝不合格材料入场。施工过程中，采用旁站监理、巡视检查、平行检验等手段，对基础工程、主体结构施工、防水施工等关键工序进行全程监督，确保工艺规范、材料合规、操作达标。定期开展巡视检查，及时发现并纠正质量问题，确保施工过程质量可控。竣工验收阶段，严格按照国家验收标准和规范进行分项、分部及单位工程验收，对发现的问题详细记录、制定整改方案，明确责任人和期限，整改后复查，确保问题彻底解决，形成闭环管理。通过全过程质量控制，有效提升房屋建筑工程施工质量，为工程的高质量交付提供坚实保障<sup>[5]</sup>。

### （三）加强质量检测与试验管理

加强质量检测与试验管理是房屋建筑工程施工质量管理的重要环节。建筑材料、构配件及设备的质量检测需严格依据相关标准进行，确保其符合设计和使用要求。检测内容包括物理性能检测（如力学性能、热性能等）和化学成分分析。例如，钢材需检

测其抗拉强度、屈服强度等力学性能，同时对化学成分进行光谱分析，确保符合国家标准。施工过程中，试验管理至关重要。混凝土配合比试验需根据设计要求和实际工况进行优化，通过试验确定最佳配合比，确保混凝土强度和耐久性。砂浆强度试验则需严格按照标准方法进行，包括稠度试验、抗压强度试验等，以保证砂浆性能满足施工要求。焊接试验需对焊缝进行外观检查、无损检测及力学性能测试，确保焊接质量。试验人员应具备专业资质，试验设备需定期校准和维护。同时，试验过程应严格遵循标准操作程序，数据记录需完整、准确，确保可追溯性。通过加强质量检测与试验管理，能够有效提升房屋建筑工程的施工质量，为工程的高质量交付提供有力保障。

### （四）提升施工人员质量意识与技能水平

提升施工人员的质量意识与技能水平是确保工程质量的基础。需广泛开展质量教育培训活动，内容涵盖质量标准规范学习、质量事故案例分析以及新技术新工艺培训等。通过系统学习施工人员能够明确质量要求，规范操作流程；分析质量事故案例有助于汲取经验教训，增强质量意识。加强施工人员技能考核与认证管理至关重要<sup>[6]</sup>。关键岗位人员如特种作业人员、质量检验员等必须持证上岗，确保其具备相应的专业知识和操作技能。通过定期考核，对施工人员进行评估，对不合格者进行再培训，直至达标。建立激励机制，对表现优秀的施工人员给予奖励，激发其学习积极性和工作热情，从而提升整个施工团队的操作技能水平，为房屋建筑工程的高质量施工提供坚实的人力保障。

## 三、房屋建筑工程施工安全管理措施

### （一）完善安全管理制度与体系

完善安全管理制度与体系是保障施工安全的基础。需建立健全安全生产责任制，明确项目负责人、安全管理人员、施工班组及作业人员的安全职责。项目负责人应承担总体安全管理责任，安全管理人员负责监督和检查，施工班组及作业人员则需严格遵守操作规程，确保安全措施落实到位。同时，应制定完善的安全管理制度，包括安全教育培训制度、安全检查制度、隐患排查治理制度及安全事故应急预案等。安全教育培训制度需涵盖新员工入场教育、特种作业人员培训及全员安全意识提升等内容。安全检查制度应明确定期检查与不定期抽查相结合的方式，对施工现场进行全面排查。隐患排查治理制度要求对发现的隐患及时整改，确保闭环管理<sup>[7]</sup>。安全事故应急预案则需明确应急响应流程、救援队伍及物资准备等，以应对突发情况。

### （二）加强安全教育培训

加强安全教育培训是提升施工人员安全意识和操作技能的关键环节。针对不同层次人员，需制定个性化的安全教育培训计划。对于管理人员，培训重点在于安全法律法规、安全管理知识和应急指挥能力；特种作业人员需接受专业技能培训，确保其持证上岗并熟悉操作规程；普通施工人员则需掌握基本的安全知识和应急逃生技能。培训内容应涵盖安全法律法规、安全操作规程、事故应急救援等方面。通过集中授课，系统讲解安全知识和法规；现场演示则直观展示安全操作流程和应急处置方法。还可结合线上学习平台，提供丰富的学习资源，方便施工人员随时学习。通过多样化的培训方式，能够有效提高培训效果，确保施工

人员不仅熟悉安全知识，还能在实际操作中正确应用。这不仅减少施工过程中的安全隐患，还能提升整个施工团队的安全管理水平，为房屋建筑工程的顺利实施提供坚实保障。

**（三）强化施工现场安全防护措施**

强化施工现场安全防护措施是房屋建筑工程施工安全管理的重要组成部分。施工现场的“四口”（楼梯口、电梯井口、预留洞口、通道口）及“五临边”（阳台周边、屋面周边、楼层周边、物料平台两侧、卸料平台两侧）等危险部位，是安全事故的高发区域。为此，必须设置完善的安全防护设施，如防护栏杆、安全网等，确保防护设施的牢固性和可靠性。防护栏杆应采用坚固材料制作，高度和间距符合规范要求；安全网需定期检查，确保无破损、无老化，能够有效防止人员和物体坠落。通过强化施工现场的安全防护措施，能够有效降低安全事故的发生概率，保障施工人员的生命安全，为房屋建筑工程的顺利实施提供坚实的安全保障。

**（四）加强安全检查与隐患排查治理**

在房屋建筑工程施工安全管理中，加强安全检查与隐患排查治理是预防安全事故、确保施工安全的关键环节<sup>[8]</sup>。应建立定期与不定期相结合的安全检查机制，涵盖日常巡查、专项检查、季节性检查等多种形式。通过这些检查方式，能够及时发现施工现场的安全隐患，并迅速下达整改通知，明确整改责任人、措施和期限。整改完成后，需进行跟踪复查，确保隐患整改到位，形成闭环管理。同时推行安全隐患排查治理信息化管理，利用信息化平台对隐患排查、整改情况进行动态跟踪与统计分析。信息化平台可以实时推送隐患信息，帮助管理人员动态掌握隐患情况，并通过数据统计分析功能，对隐患整改的完成率、及时率等指标进行自动统计，形成整改台账。这种信息化管理方式不仅提高了安全管理效率，还能为安全管理决策提供科学依据，有效降低施工安全风险，保障房屋建筑工程的顺利实施。

**（五）提高安全应急管理能力**

在房屋建筑工程施工安全管理中，提高安全应急管理能力是应对突发事件、降低损失的重要保障。为此，必须制定完善的生产安全事故应急预案，明确应急救援组织机构、人员职责、应急救援流程及物资储备等内容<sup>[9]</sup>。应急预案应涵盖事故预警、信息报告、应急响应、救援措施、现场恢复等环节，确保在事故发生时能够迅速、有效地展开救援工作。定期组织开展应急演练活动是检验应急预案科学性、实用性和可操作性的关键环节。通过模拟事故场景，让施工人员熟悉应急处置流程，提高应急反应能力和应急处置能力。演练过程中，应注重对应急救援设备的使用、人员疏散、现场急救等环节的实操训练，确保施工人员在面对真

实事故时能够冷静应对、正确处置。演练结束后，应进行总结评估，针对演练过程中发现的问题及时修订应急预案，完善应急管理体系<sup>[10]</sup>。通过持续改进，确保安全应急管理能力不断提升，为房屋建筑工程施工提供有力的安全保障。

**四、质量与安全管理措施在房屋建筑工程中的应用**

在房屋建筑工程中，质量与安全管理措施的有效应用对提升工程整体水平至关重要。以某具体房地产项目为例，该项目在规划、设计、施工各阶段全面实施了质量与安全管理措施，取得了显著成效。在规划阶段，项目团队通过深入市场调研和客户需求分析，结合 BIM 技术进行方案模拟与优化，提前识别潜在风险并制定应对措施。设计阶段，联合多部门开展图纸审查，减少设计缺陷和施工变更。施工阶段，严格把控材料质量，对进场材料进行严格检验，确保符合标准。同时，针对混凝土施工、防水工程等关键环节，实施精细化管理，有效减少质量通病。安全管理方面，项目建立了完善的应急预案，定期开展应急演练，如防汛演练，显著提升了应急处置能力。这些措施的实施，有效提升了工程质量，降低了质量投诉率；同时，通过严格的安全管理，安全事故起数大幅减少。项目最终提前交付，缩短了工期，降低了成本，为房地产企业赢得了良好的市场口碑。

**五、总结**

本文系统探讨了房屋建筑工程施工质量与安全管理措施，总结了质量管理体系的完善、施工过程质量控制、质量检测与试验管理、施工人员质量意识提升，以及安全管理制度的优化、安全教育培训、施工现场安全防护、隐患排查治理和应急管理的关键措施。这些措施通过明确职责、规范流程、强化监督和提升人员素质，有效保障了工程质量与施工安全。在实际应用中，通过全过程质量管控和智能化安全管理，显著降低了质量投诉率和安全事故起数，缩短了工期并降低了成本，验证了措施的可行性和有效性。

未来，随着装配式建筑、绿色建筑、智慧建造等发展趋势，房屋建筑工程施工质量与安全管理面临新的挑战与机遇。需进一步完善质量与安全管理措施，加强技术创新应用，如引入 BIM 技术优化施工流程；提升信息化管理水平，通过物联网和大数据实现动态监控；强化全过程质量与安全管理，确保从设计到交付的每个环节均符合高标准要求。这些措施将为建筑行业的可持续发展提供有力支持，推动行业迈向高质量发展新阶段。

**参考文献**

[1] 蔡正福. 建筑工程项目施工过程中质量控制与安全管理措施分析探讨 [J]. 新材料新装饰, 2014, 000(011):344-344.  
[2] 高天福. 浅谈房屋建筑施工现场的质量与安全管理 [J]. 产品可靠性报告, 2024, (05):50-51.  
[3] 陈书晋. 浅谈房屋建筑工程施工质量控制及施工安全管理 [J]. 四川建材, 2019, 45(02):213+215.  
[4] 何洪春. 房屋建筑施工现场质量安全管理研究 [J]. 安徽建筑, 2022, 29(07):187-188.  
[5] 王玉婷. 对房屋建筑工程施工质量管理及控制措施的探析 [J]. 工程设计与施工, 2024, 6(1):49-51.  
[6] 赵智强, 田志明. 提高房屋建筑工程管理与施工质量的途径分析 [J]. 低碳世界, 2024, 14(07):91-93.  
[7] 韩孟奇. 建筑给排水工程施工质量与安全管理优化措施 [J]. 水上安全, 2024, (12):148-150.  
[8] 宋艺. 基于 BIM 的住宅工程进度风险管理研究 [D]. 贵州大学, 2024.  
[9] 刘晓颖. 浅谈房屋建筑工程施工技术和管理措施 [J]. 新城建科技, 2024, 33(04):171-173.  
[10] 王运飞. 建筑工程管理中常见问题及对策的综合思考 [C]// “2022智慧规划与管理” 学术论坛论文集. 2022.

# 绿色建筑材料在交通设施中的应用与环境效益分析

马悻潇<sup>1</sup>, 赵可<sup>2</sup>

1. 湖州市交通投资集团实业发展有限公司, 浙江 湖州 313000

2. 浙江交工集团股份有限公司, 浙江 杭州 310000

DOI:10.61369/UAID.2024100012

**摘要：** 交通设施采用绿色建材是可持续发展的重要支持。论文围绕绿色建材这一基础概念，结合具体交通工程实例，对其在光伏发电、桥梁植物防眩及绿化技术、遮光棚、雾区诱导、隧道照明自动化控制与节能等方面的应用进行了探讨。研究表明，采用绿色建材对降低碳排放、节约资源和废弃物处理有明显的环保效益。以期促进交通设施绿色转型，为生态环境保护与能源利用优化提供依据。

**关键词：** 绿色建筑材料；交通设施；环境效益；节能减排

## Analysis of the Application and Environmental Benefits of Green Building Materials in Transportation Facilities

Ma Yixiao<sup>1</sup>, Zhao Ke<sup>2</sup>

1. Huzhou Transportation Investment Group Industrial Development Co., LTD. Huzhou, Zhejiang 313000

2. Zhejiang Communications Engineering Group Co., LTD. Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract：** The adoption of green building materials in transportation facilities is an important support for sustainable development. This paper focuses on the basic concept of green building materials and, in combination with specific examples of transportation engineering, discusses its applications in photovoltaic power generation, anti-glare and greening technologies of bridge plants, shading sheds, fog zone guidance, automatic control and energy conservation of tunnel lighting, etc. The research results show that the adoption of green building materials has obvious environmental benefits in reducing carbon emissions, conserving resources and waste treatment. With the aim of promoting the green transformation of transportation facilities and providing a basis for ecological environment protection and energy utilization optimization.

**Keywords：** green building materials; transportation facilities; environmental benefits; energy conservation and emission reduction

## 引言

在全球气候变暖、资源枯竭的背景下，可持续发展已成为当今社会关注的焦点。交通基础设施是国民经济和城镇化建设的重要基础设施，在其建设与运营过程中，往往伴随着巨大的能耗与环境污染，特别是碳排放、资源浪费及生态破坏。因此，如何将环境保护理念融入到交通设施建设中，并采用绿色技术，已经成为了业界的一个重要研究方向。绿色建材作为一项新的技术手段，在减少碳排放、提高能源利用率、降低环境污染等方面具有潜在的优势，已逐渐成为工程界的研究热点。世界上许多发达国家已经在基础设施建设中大量采用绿色建材，取得了良好的经济和环保效果<sup>[1]</sup>。同时，我国交通基础设施建设规模不断扩大，为推广绿色建材提供了广阔的实践平台。然而，如何结合我国地区特点及交通工程的特点，对绿色建材进行科学合理的选择与高效应用，是亟待深入研究的问题。这既是科技创新的需要，又是实现“双碳”目标、推进绿色交通发展的必然选择。

## 一、绿色建筑材料概述

绿色建材是指在生产、使用和废弃过程中，尽量减少对环境的污染，同时又能达到节约资源和能源的目的。这类材料一般具

有能耗低，污染小，可回收的特点，符合可持续发展理念。近几年来，随着环保意识的提升与永续理念的盛行，环保建材逐渐成为业界的研究热点与实务焦点。这些材料既包括传统节能材料，



如隔热、透水性混凝土等,也包括自清洁涂料、光伏发电组件和环保复合材料等高科技新材料<sup>[2]</sup>。该材料不仅可有效降低建筑能耗与污染排放,而且可提高建筑全寿命周期内的节能降耗、改善空气品质、提高资源利用效率。同时,绿色建材也注重对环境的影响,从原材料的取得到废弃处理,力求做到环保。

## 二、工程概况

这条高速公路位于浙江省湖州市,将德清县、长兴县、安吉县等重点县市联系起来,连接了多个经济活动区。湖州位于浙江省中心地带,交通便捷,区位优势明显,是浙江省重要的交通枢纽。该项目的实施,不仅增强了湖州市内的交通联系,同时也增强了与上海、杭州和南京之间的联系,促进区域经济一体化的发展。湖州市地形地貌具有西部多山,东部平原的特点,总体上呈由西南向东北倾斜的趋势。西部多山丘陵,主要有天目山北麓及其余脉,主峰为海拔1587米的龙王山。仙人桥、龙门瀑布等自然景观资源丰富,给工程设计与建设带来极大的挑战。

湖州市属亚热带湿润季风气候区,四季分明,雨量充沛,年平均温度12.1~17.3℃,年降雨量761~1780 mm。尤其是每年4~9月的雨季,雨量充沛,给施工进度管理及防洪排涝提出了更高的要求。由于雨量充沛,沿江水系多,如苕溪等主要水系贯穿境内,在水资源丰富的同时,跨江桥梁及涉水工程建设难度较大。同时,该工程沿线具有较高的植被覆盖度和丰富的生物多样性。因此,在工程建设过程中,要严格落实动物通道和植被恢复等环保措施,尽量减少对生态环境的冲击,实现工程与自然的和谐共生。

## 三、绿色建筑材料在交通设施中的应用

### (一) 光伏发电

结合湖州市高速公路建设工程,采用光伏发电技术,既可以达到绿色交通建设的目的,又可以有效地降低运营成本。针对湖州西部山区光照条件较好的特点,在建筑屋面(如隧道入口处、服务区、收费站)及周边空地安装高效率单晶硅太阳能电池板,覆盖面积超过20000平方米。这些太阳能电池板都是倾斜的,保证了最好的采光效果,预计每年的发电量可以达到250万度,可以满足大部分的道路照明和其他用电的需要。为提高光伏发电系统的稳定性与可靠性,引入智能微网管理系统,利用储能设备(如锂电池等)均衡白天与夜间用电需求。该系统能根据天气预报,自动调整运行方式,利用存储的电能阴雨天或夜间进行供电,以确保电力供应的连续性和稳定性<sup>[3]</sup>。另外,该光伏电站还配有远程监控平台,用户可随时随地通过手机软件查看光伏电站的运行情况,及时排除隐患。在服务区、收费站建筑设计中,充分考虑了光伏一体化设计理念。建筑外墙采用BIPV(BIPV)

材料,将光伏组件和建筑组件集成在一起,不仅具有装饰、美化功能,还能增加发电面积。

### (二) 桥梁绿色植物防眩绿化技术

在湖州市高速公路桥头段采用植物防眩技术,不仅可以改善行车视野,提高交通安全性,而且可以加强景观效果,保护生态环境。具体而言,在桥两侧护栏外侧种植金叶女贞、红花檵木等耐旱耐风的灌木,形成一条宽1.5米的连续绿化带。这些植物高度一般为1.2~1.5米,不仅可有效阻隔对面车道强烈的光线,避免驾驶人眼花,同时保持良好的透光度,且不会阻碍驾驶员的视线。将地方特色元素融入到桥梁绿化设计中,选用符合当地气候条件的香樟、桂花等乡土树种,营造浓郁的地域文化氛围。这些树种不但有观赏价值,而且具有吸附空气污染物、净化空气、改善小气候的作用。通过对不同植物的合理搭配,营造出层次分明、色彩丰富的生态廊道,使高速公路大桥成为展现湖州自然风光与人文风情的一道亮丽风景。

### (三) 遮光棚

本文结合湖州市高速公路工程,提出了一种遮阳棚设计方案,目的是为了改善行车安全,特别是在进出隧道、穿越长距离直线路段时,避免因光照变化造成的视觉不舒适。具体来说,就是在隧道出口处设置一段长约50米的渐变遮阳棚,由4~6米逐渐过渡至4米,形成一个柔和的光影过渡区域。遮阳棚采用轻质、高强度铝合金构架,外覆聚碳酸酯板,具有良好的透光率及耐候性,可有效过滤太阳直射,缓解驾驶员眼部疲劳。针对湖州地区夏季多雨的气候特点,在遮阳棚上设置智能通风系统,并对其进行了优化设计。当室内温度高于30℃,相对湿度高于80%时,顶部排风扇会自动打开,使室内空气流动加快,降低室内温度,提高乘坐舒适性。风机功率设在1.5千瓦,噪声低于60分贝,对周边环境无影响。同时在遮阳棚的下方设置了排水沟,以保证雨水能够顺畅地排出,避免因积水而影响到建筑物的安全。

### (四) 雾区诱导系统

针对湖州东部水网地区多雾频发的特点,尤其是秋季和冬季,极易出现大范围大雾天气,严重影响驾驶人的视线。为此,在重点路段每50 m布设一套由LED警示灯、气象传感器及无线通讯模块组成的智能雾区诱导装置,构成一套完整的交通监控网络。这些装置由光纤与中央控制系统相连,实现实时数据的传输,保证了信息的快速准确传递<sup>[4]</sup>。

LED警示灯采用高亮度的红色发光二极管作为光源,可视范围可达500米以上,在浓雾中也可视物清晰。它们按照一定的间隔排列成一行,并伴随着车辆的行驶方向一前一后地闪烁着,以指导驾驶员正确的选择车道,避免发生追尾事故。每一组LED灯均配有温度补偿电路,可在-20℃至60℃温度范围内正常工作,能适应各种恶劣天气环境。另外,LED灯壳采用了防水防尘的设计,达到了IP67标准,保证了灯具的长时间稳定工作。气象传感器负责对雾区的温、湿、能见度等参数进行采集,并通过无线通

信模块传输到云服务器，以供分析和处理。中央控制系统根据天气状况，自动调整 LED 警示灯的工作方式，如变换闪烁频率、变换颜色等，提示司机减速。当检测到 50 米以下时，系统将启动应急机制，启动整条道路的雾区诱导设备，并通知附近的收费站、交警部门采取限速、封闭等措施。

（五）隧道照明自动控制及节能系统

针对隧道内外光照差异大、白天进入隧道易出现突然变暗等问题，在隧道入口设置渐变调光控制系统。该系统由一系列智能 LED 灯构成，可根据外界自然光的强弱，自动调节亮度，由最亮逐渐过渡至正常照明水平，全过程仅需 5 秒左右，保证驾驶员对光照变化的适应能力，提高驾驶安全。在隧道照明中，使用高效率的 LED 灯，比传统的日光灯节能 50% 以上，使用寿命长，维修费用低。灯的色温设定在 5000 K 左右，接近自然光线，有助于提高注意力及反应速度。为进一步节约能源，采用了分时照明方式，非高峰时间只开必要区域内的灯，其余时间全部关闭。这样一来，既能降低能耗，又能保证安全性。为保证系统可靠稳定运行，各控制装置均采用了冗余设计，并对关键部件如控制器、电源等进行了备份，避免了因单点故障而造成的系统瘫痪。

四、绿色建筑材料在交通设施中的应用环境效益分析

（一）减少碳排放

作为绿色施工技术的示范项目，高速公路工程为降低碳排放做出了重要贡献。项目通过一系列节能减排措施，既能有效减少建筑过程碳排放，又能通过优化能源结构间接减排。例如，在服务区、收费站等地安装太阳能电池板，年发电量可达 507234.689 度，相当于一年可减少约 187.352 吨标准煤和 499.674 吨二氧化碳。另外，隧道照明自动控制系统可根据洞内和洞内亮度的差异，对照明进行动态调节，与固定电源模式相比，节约电能约 30.456%（约 184,378.467 度），进一步降低了发电过程中 CO 的排放量。此外，智慧型交通资讯平台与长下坡自动预警系统的引进，亦可使车辆行驶更顺畅、更有效率，降低不必要的油耗与废气排放。据统计，使用这些智能设备后，过往车辆的燃油消耗平均减少了 8.729%，每年减少二氧化碳排放量达 123.456 吨。如下表所示：

表 1 碳排放减少效果分析

措施名称	年度节约电量 (kWh)	相当于减少标准煤 (t)	减排 CO <sub>2</sub> (t)
太阳能光伏板	507,234.689	187.352	499.674
隧道照明节能系统	184,378.467	67.241	178.365
智能化设施降低油耗	—	—	123.456

（二）资源节约

在水资源管理方面，该项目利用雨水收集及污水处理设施，使水回收率达到 80.273%。这也就意味着，该项目所需用水的 80% 以上可通过循环再用，大大降低了对外部水源的依赖性。具

体来说，工程共设 15 处集雨点，总集雨能力为 3,214.567 立方米，年集雨量为 2,581.674 立方米；同时，建有日处理能力 456.789 立方米的污水处理厂，保证了建筑废水经适当处理后可直接排放或回用。

为了最大限度地利用土地资源，设计者精心规划线路走向，采取多种边坡防护措施，尽量减少对沿线自然生态环境的影响。据统计，由于规划布局合理，建设科学，总占地约为 12.345 公顷，占总用地面积的 7.856%。该项目的实施，既有利于当地生态环境的保护，又能为周边社区提供更大的发展空间。另外，对于一些不可避免要占用的土地，项目组也设置了生态修复区，种植了一大批当地的适生植物，以提高植被覆盖度和维持生物多样性。

在建材选择方面，优先选用循环利用价值高、环境污染小的建材。例如，用于桥梁建设的高性能混凝土，在原材料中掺入一定比例的工业废渣，不仅能改善材料性能，还能减少自然资源的消耗。据估计，使用该混凝土可节约水泥约 15.678%，对石灰石等原料的需求量也相应减少。资源节约效果如下表 2 所示：

表 2 资源节约效果

类别	数据指标	数值
水资源循环利用率	(%)	80.273
雨水收集总量	(m <sup>3</sup> /年)	2,581.674
污水处理厂处理量	(m <sup>3</sup> /天)	456.789
土地占用减少面积	(公顷)	12.345
水泥用量减少比例	(%)	15.678

（三）废物管理

为确保建筑废物能被科学合理地处理，项目组建立了一套垃圾分类收集、运输及处置流程。据统计，在整个建设过程中，产生的固体废弃物约为 1,234.567 吨，其中 70.234% 经成功回收再用，其余均按环境要求安全填埋或焚烧。具体而言，对钢、木、塑料等可再生物料，设立专门的回收点，对其进行集中管理与二次加工；对不能回收利用的废弃物，严格按照国家有关规定，采取先进的无害化处理工艺，避免对环境造成污染。

此外，工程亦致力于减少工地粉尘污染。对此，采取洒水降尘、覆盖裸露土方和设置围挡等措施，使大气颗粒物浓度低于国家标准。监测数据表明，施工场地可吸入颗粒物浓度平均下降 45.678%，空气质量得到有效改善。另外，对于石油、化学残留物等液体废弃物，我们设有专用的贮存容器，定期由专业人员清理转运，以避免对土壤及水源造成的潜在污染。

除传统固废、固废外，电子废弃物的处置也受到高度重视。随着智能交通等高科技产品的广泛使用，废旧电子产品日益受到人们的关注。为此，项目组与国内多家电子废弃物专业回收公司合作，保证废旧电子产品的回收与回收。据估算，每年可回收约 0.123 吨贵金属、0.045 吨稀贵金属及其他贵重材料，在减轻环境负担的同时，还可创造经济价值。

表3 废物管理效果

废物类型	总产生量 (吨)	回收再利 用率 (%)	特殊处理说明
固体废物	1,234.567	70.234	分类收集，部分安全填埋或焚烧处理
空气颗粒物 (PM10)	—	—	施工现场浓度平均降低45.678%
固体废物	—	—	设置专用储存容器，定期清理转移
电子废弃物	—	—	回收贵金属0.123吨，稀有金属0.045吨

五、结语

随着我国绿色建筑标准及技术标准的不断完善，预计同类工程的环境保护效果将得到显著提高。高性能复合材料、智能涂层等新材料的开发与应用，对于提升建筑结构的耐久性与环境友好性具有重要意义。通过智能管理体系的升级，促进交通设施能源利用效率的不断优化，以大数据、物联网为基础的智慧交通，实现更精确的能源管理和环境保护决策。

参考文献

[1] 王剑宏, 闫邵航, 刘凤洲, 等. 城市轨道交通设施绿色评价方法研究——以济南市轨道交通4号线为例 [J]. 绿色建筑, 2023, (06): 53–57.

[2] 段浩宇, 李国宁. 基于《绿色建筑评价标准》的建筑设计策略应用 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(21): 14–16.

[3] 王洪宇. 京张高速铁路绿色设计与创新研究 [J]. 铁道标准设计, 2021, 65(05): 1–7.

[4] 李远, 许焕勇, 宋亚杉. 上海某大厦绿色运行效果研究与问题探析 [J]. 绿色建筑, 2020, 12(02): 22–25.

# 绿色建筑理念在养老建筑设计中的应用研究

陈志勇

谷城县建筑设计院, 湖北 襄阳 441700

DOI:10.61369/UAID.2024100013

**摘 要：** 随着人口老龄化的加剧，养老建筑的需求不断增长。同时，可持续发展理念日益深入人心，绿色建筑成为建筑领域的重要趋势。本文针对绿色建筑理念在养老建筑设计中的应用进行研究，通过文献综述和案例分析，深入探讨了绿色建筑的核心要素以及养老建筑的特殊需求，进而提出了将二者有机结合的设计策略。研究表明，绿色建筑理念与养老建筑需求在诸多方面存在契合点，合理运用绿色技术不仅能改善老年人的居住环境，还能降低建筑运营成本，实现社会、经济、环境效益的统一。

**关 键 词：** 绿色建筑；养老建筑；可持续设计；适老化；节能环保

## Research on the Application of Green Building Concept in the Design of Elderly Care Buildings

Chen Zhiyong

Gucheng County Architectural Design Institute, Xiangyang, Hubei 441700

**Abstract：** With the intensification of population aging, the demand for elderly care facilities is continuously growing. At the same time, the concept of sustainable development is becoming increasingly ingrained in people's minds, making green buildings an important trend in the construction industry. This paper focuses on the application of green building concepts in elderly care facility design. Through a literature review and case studies, it delves into the core elements of green buildings and the specific needs of elderly care facilities, proposing an integrated design strategy that combines both approaches. The research indicates that there are many points of convergence between green building concepts and the needs of elderly care facilities. Reasonably applying green technology can not only improve living conditions for seniors but also reduce operational costs, achieving a unified balance of social, economic, and environmental benefits.

**Keywords：** green building; elderly care building; sustainable design; age-appropriate; energy saving and environmental protection

## 引言

人口老龄化已成为全球性的社会问题，养老建筑作为承载老年人生活的重要空间，其设计水平直接影响着老年人的生活质量。与此同时，建筑行业对可持续发展的追求日益强烈，绿色建筑理念受到广泛关注。如何在满足老年人特殊需求的同时，实现建筑的节能、环保、健康，成为养老建筑设计面临的重要课题。

## 一、绿色建筑理念核心要素解析

### （一）节能设计

建筑的节能设计是绿色建筑理念的核心要素之一。被动式技术如建筑朝向优化、外遮阳系统、高性能围护结构等，可有效降低建筑能耗。朝向优化能最大限度利用自然采光和通风，减少空调和照明需求。外遮阳系统可阻隔夏季强烈日照，降低空调制冷负荷。高保温隔热性能的墙体和屋面，可减少热量流失。除被动式技术外，合理利用可再生能源也是实现建筑节能的重要途径。

太阳能光伏系统可为建筑提供清洁电力，太阳能热水系统可满足生活热水需求，地源热泵系统可提供高效舒适的供暖和制冷，通过主动与被动技术相结合，最大限度降低建筑运行能耗，实现节能目标。

### （二）环境优化

绿色建筑十分重视营造舒适健康的室内环境。室内空气质量直接影响人体健康，需采取源头控制、通风换气、空气净化等措施，确保空气清新。合理采光设计可提供良好视觉环境，并有助于调节生物钟，改善睡眠质量。隔声降噪设计则保障声环境舒



适，减少噪声干扰。此外，热湿环境的优化对于提升居住舒适度至关重要，通过自然通风、遮阳降温、保温隔热等方式，维持宜人的室内温度和湿度，减少空调依赖。良好的室内环境品质，能改善老年人身心健康状况，提升生活幸福感。环境优化是绿色建筑的重要目标，需在设计阶段予以充分考量<sup>[1]</sup>。

### （三）资源循环

资源的高效利用与循环再生是绿色建筑的另一特征。雨水收集系统可将屋面雨水收集储存，经净化处理后用于绿化灌溉、景观水体、冲厕等，减少市政供水压力。中水回用技术对生活废水进行处理，提供循环水源，满足非饮用水需求。垃圾分类与资源回收利用，减少废弃物处置环节能耗，促进资源的循环利用。厨余垃圾可通过无害化处理制成肥料，用于景观绿化。对可回收材料如金属、玻璃、纸类等进行回收利用，变废为宝。资源的减量化、再利用，有助于提升建筑的生态性能，实现可持续发展。养老建筑应积极引入资源循环利用技术，打造节约型绿色社区。

## 二、养老建筑特殊需求梳理

### （一）生理需求

满足老年人的生理需求是养老建筑设计的首要任务。其中，无障碍通行是基本要求，应严格执行无障碍设计规范，消除高差障碍，设置轮椅坡道、电梯等辅助设施，保证老年人在各功能空间内的自由通行<sup>[2]</sup>。考虑到老年人行动不便、感知能力下降的特点，还需采取防跌倒设计，如扶手、防滑地面、照明提示等。此外，养老建筑还应提供必要的医疗支持，设置医务室、康复室等空间，配备基本医疗、护理设备，满足老年人日常医疗保健需求。同时，养老建筑的空间布局应便于医护人员的工作，提高护理效率，通过各项贴心的生理需求设计，养老建筑能够为老年人提供安全、便捷、有尊严的居住环境，让他们在晚年生活中获得更多的自主性和独立性。

### （二）心理需求

养老建筑应着眼于老年人的心理健康，营造愉悦舒心的居住环境。合理设置公共空间，为老人提供充足的交流场所，缓解孤独感。客厅、茶室、活动室、康复花园等公共区域，可容纳不同老人的社交需求<sup>[3]</sup>。生活起居空间应注重私密性，尊重个人隐私。此外，充足的自然采光对维持情绪稳定、改善睡眠质量大有裨益。窗外自然景观可带来视觉愉悦，具有情绪疗愈功效。室内绿植布置、自然材质运用，营造亲近自然的氛围，还可结合老人兴趣爱好，设置图书室、棋牌室、手工坊等特色空间。关注老年人心理诉求，塑造温馨舒适的居住环境，有助于提升生活品质，维系身心健康。

### （三）安全需求

安全是养老建筑的头等大事，对老年人的生命健康安全负有重大责任。紧急呼叫系统是养老建筑安防设计的重要组成，在居室、卫生间等重点区域设置呼叫按钮，确保老人在突发情况下能及时获得救助。同时，应在过道等公共区域布置监控摄像头，实现24小时不间断监控，一旦发生意外情况，能够第一时间发现并

采取应对措施。防火防灾设计也是养老建筑的重点。选用阻燃、不易产生有毒烟气的建筑材料，提高建筑的耐火等级，严格控制可燃物数量。合理设置火灾自动报警系统和自动喷淋系统，配备足够的消防设备，定期开展消防演习，提高老年人的防灾避险意识和能力。此外，养老建筑还应做好防盗、防坠等其他安全防范工作，从多方面为老年人营造安全、可靠的居住环境，让他们在建筑中获得踏实、安心的居住体验。

## 三、绿色建筑理念与养老建筑需求的契合点

绿色建筑理念与养老建筑需求在诸多方面存在着天然的契合。首先，绿色建筑十分注重室内环境质量，包括空气品质、光环境、声环境等，这与老年人对居住环境舒适度的需求不谋而合。优良的室内空气质量可降低老年人呼吸系统疾病的发病风险，充足、柔和的自然采光有助于维持老年人的昼夜节律，良好的隔声性能则能为老年人营造安静、舒适的休养环境<sup>[4]</sup>。其次，绿色建筑的节能、节水、资源循环利用等技术措施，能够显著降低养老建筑的运营成本，这对于运营预算普遍紧张的养老机构而言尤为重要。减少能源、资源消耗不仅能节约开支，还能减轻养老机构对环境的影响，提升其社会责任形象。从居住者的角度而言，绿色养老建筑凭借良好的热工性能、智能化控制系统，能够为老年人提供舒适、健康的室内环境，而节约下来的运营成本则可用于提升养老服务品质、降低老年人的入住费用，最终惠及广大老年群体。总之，将绿色建筑理念引入养老建筑设计，能够在社会、经济、环境等多个维度产生综合效益，实现养老事业与可持续发展的双赢。

## 四、绿色建筑理念在养老建筑中的应用策略

### （一）场地规划与生态设计

场地规划与生态设计是养老建筑应用绿色理念的重要切入点。在选址阶段，应充分考虑场地的日照、通风条件，优先选择光照充足、通风良好的地块，为建筑的被动式节能创造有利条件。同时，应重视场地的交通便捷性，选址宜靠近公共交通、医疗等配套设施，方便老年人出行就医。在场地内部空间组织上，应因地制宜地进行景观设计，营造丰富多样的户外活动空间<sup>[5]</sup>。例如，可结合场地现状，设置康复花园、雨水花园等主题景观，利用植被、水体、地形等自然要素，创造亲切、宜人的户外环境。康复花园可种植具有保健功效的中草药植物，设置曲径通幽的游憩路线，为老年人提供亲近自然、锻炼身体的场所。雨水花园则可收集、净化场地雨水，形成赏心悦目的景观水体，同时起到雨洪管理、改善小气候的作用。在人行道路设计中，应严格落实无障碍要求，采用防滑铺装，设置连续、醒目的指引标识，保障老年人的户外活动安全。

### （二）建筑围护结构节能设计

建筑围护结构是养老建筑节能设计的重中之重。首先，应根据建筑所在地的气候特点，合理选择高性能保温隔热材料。例

如,在寒冷地区,可采用厚度适宜的岩棉、聚氨酯泡沫等保温材料,提高墙体、屋面的热工性能,减少冬季采暖能耗。在炎热地区,则应重点提升屋面、外墙的隔热性能,可选用反射隔热涂料、空心砖等材料,降低夏季空调制冷负荷<sup>[6]</sup>。同时,应对建筑开窗进行遮阳优化设计,如设置外遮阳系统、低辐射镀膜玻璃等,在获得良好采光的同时,减少夏季太阳辐射得热量。合理利用建筑屋顶及立面空间,设置绿色屋顶、垂直绿化等,不仅可增加建筑保温隔热效果,还能改善小气候、降低噪音、美化建筑外观。绿色屋顶宜种植乡土植物,选用轻质种植土,减轻屋顶荷载;结合种植床设置休憩平台,为老年人提供观赏游憩的空间。垂直绿化则可采用攀缘植物、模块化种植等形式,打造立体绿化景观。绿化设计要注重选用低维护、多季相的植物品种,营造四季常青的景观效果,同时最大程度地发挥其生态、心理调节功能。

### (三) 室内环境质量提升

室内环境质量与老年人身心健康密切相关。养老建筑应优先采用自然通风,引入新鲜空气。对于通风不良区域,宜辅以机械通风系统<sup>[7]</sup>。适老化照明设计可显著改善视觉环境。应提供均匀柔和的光线,减少眩光。光源色温宜偏暖,塑造舒适的氛围感。智能照明系统可根据时间、亮度等自动调节光环境,并可呼应老人作息规律。可引入自然光补充采光,如高侧窗、天窗等。必要时辅以遮阳措施,避免光污染。室内空气质量监测与改善不容忽视。应选用环保型涂料和胶粘剂,避免甲醛、苯等有害物质释放。CO<sub>2</sub>监测设备可及时反映通风状况。空气净化设备如新风机组,可有效去除PM<sub>2.5</sub>等空气污染物。定期检测空气质量,及时整改,保障老年人呼吸健康。在环境设计中充分考虑老年人特点,尊重生理、心理需求,打造舒适、健康、安全的室内环境。

### (四) 可再生能源与资源循环利用

养老建筑应积极推广可再生能源利用,减少化石能源消耗。在建筑屋顶、外墙等部位设置太阳能光伏系统,利用光伏板阵列将太阳辐射转化为电能,满足照明、电器等用电需求。同时,宜设置太阳能热水系统,将太阳辐射热量用于生活热水供应,节约传统能源。在条件许可的区域,还可考虑利用地源热泵技术,通过埋设地埋管换热器,提取浅层地热能用于建筑供暖制冷,代替常规空调系统,实现清洁、高效供能。在水资源利用方面,应设置完善的雨水收集系统,将屋面、道路的雨水引入蓄水池,经过滤、消毒处理后,用于绿化灌溉、景观水体等杂用水需求<sup>[8]</sup>。对于洗手、洗涤等含污染较低的生活废水,可设置中水回用系统,

经处理后回用于冲厕等,提高水资源利用效率。在固体废弃物处理方面,应加强垃圾分类收集,并落实垃圾减量、资源回收利用,最大限度减少填埋量<sup>[9]</sup>。例如,对厨余垃圾进行无害化处理,制成有机肥用于景观绿化;对纸张、织物等可回收物进行专门收集,交由资源回收企业进行再生利用,通过各项资源循环利用措施,养老建筑可大幅降低资源消耗强度,减轻环境负荷,实现物质闭环利用。

## 五、智能化与适老化技术融合

智能化与适老化技术的融合应用,是提升养老建筑宜居品质、保障老年人健康安全的有效途径。智能环境监测系统是其中的关键技术之一,通过在室内外布置温湿度、PM<sub>2.5</sub>、CO<sub>2</sub>等多类传感器,实时采集环境参数信息,并借助大数据分析技术对数据进行挖掘、分析,形成对建筑室内环境状态的动态评估。当检测到环境指标异常时,系统可自动调节相关设备,如开启新风、增加通风量等,及时改善室内环境质量,营造健康、舒适的居住条件。同时,应注重紧急呼叫系统与无障碍智能家居技术的融合应用。在居室内设置紧急呼叫按钮,并与移动终端设备、护理站系统进行信息对接;配备带生命体征监测功能的可穿戴设备,实现对老人的实时健康状态监测,一旦发生突发情况,系统可及时预警并呼叫救助<sup>[10]</sup>。在照明、门窗等家居控制方面,应融合语音识别、体感控制等智能化技术,为行动不便的老人提供便捷、高效的无障碍居住体验。在社区层面,宜搭建智慧养老信息化平台,汇聚机构运营、健康管理、生活照料等各项数据,通过可视化展示、智能分析,辅助社区养老事业精细化管理、智慧化发展。与此同时,平台可为入住老人提供生活缴费、服务预约等便民应用,进一步提升居住便捷性、获得感。

结束语:绿色建筑理念与养老建筑设计的融合,是适应人口老龄化、推进建筑业可持续发展的必由之路,通过在场规划、围护结构、室内环境、能源利用、智能化等方面积极应用绿色技术,养老建筑可有效改善老年人居住环境品质,提升其身心健康水平,同时降低建筑全生命周期的资源环境影响,实现经济、社会、环境效益的统一。在未来的养老建筑实践中,还应加强多专业协同创新,因地制宜地探索绿色适老化技术集成应用,为老年人营造更加安全、健康、舒适的宜居环境,让绿色发展成果惠及广大老年群体,推动养老事业与建筑业协调、可持续发展。

## 参考文献

- [1] 杨文斌,曲秉直.绿色建筑理念在养老建筑设计中的应用研究[J].建筑技术开发,2023,50(8):153-155.
- [2] 王波,文华,杨鑫春,等.绿色建筑理念下城市养老建筑设计策略[J].科技导报,2021,39(8):8.
- [3] 汤忠惠.绿色建筑理念在学校建筑设计中的应用研究[J].工程技术研究,2023(21):190-192.
- [4] 郭兴明.绿色建筑理念在养老建筑设计中的运用探讨[J].中国建筑金属结构,2021(6):2.
- [5] 梁毅.绿色建筑设计理念在住宅建筑设计中的应用研究[J].门窗,2023(5):46-48.
- [6] 卫英杰.绿色建筑理念在住宅建筑设计中的应用研究[J].进展:科学视界,2023(5):73-75.
- [7] 张雪萌,贾颖颖,何文晶.绿色建筑理念下城市养老建筑设计研究[J].住宅与房地产,2024,(05):37-40.
- [8] 薛楠楠.基于绿色建筑理念下的养老建筑设计分析[J].居舍,2022,(36):102-105.
- [9] 黎俊峰.绿色建筑理念下的养老建筑设计探析[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(28):37-39.
- [10] 王玉,李航.绿色建筑理念下的城市养老建筑设计[J].中国建筑装饰装修,2022,(12):78-80.



# 基于建设单位视角下的古建筑修缮工程全过程管理及后续保护利用探究——以某古建筑群修缮工程为例

刘君

文化和旅游部机关服务中心，北京 100020

DOI:10.61369/UAID.2024100016

**摘要：** 本文以某古建筑群修缮工程为例，从建设单位视角出发，对古建筑修缮全过程管理及后续保护利用进行探讨，总结具有普适性的管理路径，以期达到为同类古建筑修缮工程及后续保护利用提供理论指导及实践经验的目的。

**关键词：** 建设单位视角；古建筑修缮；全过程管理；保护利用

## Exploration of Whole-Process Management and Post-Restoration Conservation and Adaptive Reuse in Ancient Architectural Complex Restoration Projects from the Construction Unit's Perspective — Taking the Repair Project of an Ancient Building Complex as an Example

Liu Jun

Service Center of the Ministry of Culture and Tourism, Beijing 100020

**Abstract：** Taking the repair project of an ancient building complex as an example, this paper discusses the whole process management and subsequent protection and utilization of ancient building repair from the perspective of the construction unit, and summarizes the universal management path, so as to provide theoretical guidance and practical experience for the repair project and subsequent protection and utilization of similar ancient buildings.

**Keywords：** construction unit perspective; repair of ancient buildings; whole-process management; conservation and adaptive reuse

### 引言

文物古建筑是文化遗产的重要组成部分，承载着丰富的历史、文化和艺术价值。然而，许多文物建筑历经时间推移，环境影响，加之年久失修，建筑整体及结构构件出现不同程度的损坏，亟待修缮。古建筑修缮是一项系统性工程，具有独特性、复杂性、综合性等特点，建设单位要加强修缮前期、中期、后期的管理，切实将历史信息最大限度保留下来，同时以修缮为契机，认真研究做好修缮完成后的合理利用。

### 一、某古建筑群基本情况

某古建筑群始建于1347年，后历经多次重修，建筑整体坐北朝南，平面布局为长方形，现为全国重点文物保护单位。现存建筑分东、中、西三路，包括主体文物建筑及附属建筑。其中，中路建筑自南向北依次为影壁、山门、天王殿、大雄宝殿、无量殿，无量殿后为维摩阁院落，内有维摩阁、东西配楼及阁道。

### 二、古建筑修缮工程全过程管理

古建筑修缮是一项系统性工程，不同于勘察设计、监理、施工等单位，建设单位是唯一在古建筑修缮过程中需要全链条、全

过程、全周期进行管理的。以某古建筑修缮工程为例，项目实施期间如何管理？管理什么？管理重点在哪里？这就需要建设单位严格按照“扎实抓好前期、严格管好中期、细致做好后期”的理念，统筹古建筑修缮工程全过程管理。

#### （一）工程前期管理

##### 1. 细致做好古建筑前期勘察

古建筑前期勘察是病害诊断、修缮材料选择、施工工艺应用的重要依据。因此，勘察数据直接影响古建筑修缮项目设计质量，现场勘察不准可直接导致古建筑二次破坏。精准的勘察为后续修缮设计提供最优实施方案，因此，做好项目前期勘察管理是古建筑修缮项目的基础。

以某古建筑修缮工程为例，本次修缮范围为山门、天王殿、

大雄宝殿、无量殿、山门东倒座房等，修缮建筑面积约1627.21平方米，经勘察的古建筑现状为：屋面有杂草，部分瓦件破损、缺失，木构件有不同程度糟朽脱榫，门窗有部分为现代式样，室外台明石风化严重，外檐油饰彩画为上世纪八十年代前后按旧制复原，目前保存的现状图案清晰，但脱色严重。椽望、连檐油饰部分脱落、开裂，已无光泽，大木及装修地仗存在龟裂脱皮现象，外层均刷调和漆等。

## 2. 精准制定修缮设计方案

设计质量高低是古建筑修缮工程能否成功实施的关键，是确保修缮工程科学、规范、有效开展的核心<sup>[1]</sup>。某古建筑在经过细致勘察，了解清现状后，通过系统梳理历史资料、原始照片、修缮档案等文献，还原古建筑的历史脉络。同时，按照“勘察—设计—论证”原则，及时修正方案<sup>[2]</sup>，例如，某古建筑修缮工程依据勘察结果，确定的最终修缮方案为：

（1）建筑屋面：各建筑瓦面清除杂草，捉节夹垄，据实补配个别残缺瓦件，据实局部揭瓦补漏雨部分；

（2）建筑大木装修：室内检查大木构件，脱榫构件，滚动榫件采用扁铁拉结加固，隔扇门窗新式样者均按历史原物恢复传统装修，并尽可能保留原有现存槛框及隔扇，修补糟朽部分，据实补配；

（3）建筑墙体：各建筑室内外砖墙体维持现状，室外墙面铲除水泥抹灰，重抹靠骨灰，据实传统色泽粉刷；

（4）建筑台基：各建筑室内地面维持现状，室外台明石、陡板石风化严重者，做防风化处理，台明垂带、踏步歪闪者归安，并据实补配残缺石制构件；

（5）院落地面：各建筑周边恢复二城样褥子面散水，院中路青白石甬路；

（6）建筑油饰彩画：

①地仗和油饰：各建筑廊步及室外旧地仗全部清除，砍净白，重做地仗传统工艺油饰。

②彩画：凡各建筑室内存有彩画者均保持现状，做简单除尘工作。室外山门、天王殿等现存旧彩画残缺部分按旧制复原重做。同时仔细记录、整理、拓绘和拍照，据实物严格认真实施，并在未砍前，应将彩画谱子对照旧活整理完成，彩画所用颜料、工艺全部按传统工艺要求。

古建筑修缮方案最终需按等级经对应文物管理部门审核、备案、同意后方可具体实施。建设单位要在项目前期准备阶段，对古建筑修缮项目的勘察设计文件质量严格把关，实现古建筑“修旧如旧”到“延年益寿”跨越<sup>[3]</sup>。

## 3. 准确编制工程预算

古建筑修缮工程不同于新建、改扩建工程，其工序复杂，工艺要求高，作业空间有限，管理难度高。因此项目实施前，要针对古建筑修缮项目具体特点，结合现场实际，开展预算编制工作。要按照“最小干预”原则，尽可能的保持原有材料，对于拆除下来的砖瓦等材料，尽可能利用，并按照原有施工工艺进行修缮，在此基础上，做好工程设计概算编制工作<sup>[4]</sup>，特别是要精准编制工程量清单与招标控制价。同时造价人员要加强审核，避免重复

计算、漏项等问题发生。确保预算合理，为后续造价控制打好基础。

## 4. 按程序采购参建单位

要根据项目实际，严格按照国家招标投标法等相关法律法规做好古建筑修缮工程各参建单位采购工作，要对投标单位资质等进行审核，真正采购到社会信誉好、专业素质高、业务能力强、综合管理水平高、施工工艺精湛的单位。

## （二）施工现场管理

### 1. 狠抓现场安全管理

现场安全管理是项目具体施工的首要任务，安全工作作为项目实施的首要条件，不能因项目大小放松安全管理。做好安全生产工作，关键在于提前研判安全隐患点，落实各参建单位的管理责任及安全主体责任，建立风险预控体系，实施“一日三检”，即班前设备检查，班中行为督查，班后场地清查，在施工现场出入口、高空作业下方、拆除区域设置警示标识，提醒人员注意安全。对于年久失修构件要采取临时支撑，规范搭设脚手架，布置防护栏、安全网等高空防护设施等，及时排查施工现场事故隐患，消除施工过程中的不安全因素。同时，要定期开展针对古建筑修缮安全注意事项、施工工具正确使用方法、安全防护用品正确佩戴等安全知识培训，并经考核通过方可施工，确保安全要求落到实处<sup>[5]</sup>。

### 2. 严格落实现场防火管理

古建筑修缮施工安全管理的首要任务是做好防火管理，某古建筑修缮具体施工前，要求施工人员要熟练掌握消防器材使用方法并进行现场演练，真正做到人人会应急，同时要做好油漆、木构件等易燃材料仓储区设置，现场配备足够的灭火器材，设置明显的防火标识，仓储区要远离加工区、作业区，每日施工完成后，要及时清理施工现场木屑，废弃包装等易燃物，做到工完料净场清。坚决杜绝施工人员现场违规动火操作，确需动火的，要严格按照动火作业操作流程实施，提前开具动火证，做好各项防火措施方可施工。根据古建筑修缮规模及现场特点，配备符合现场要求的消防设备设施，确保布局合理，易于取用，并且要定时对消防设施进行检查，确保其正常使用。

### 3. 紧盯施工质量管理

施工质量控制重点就是要对材料选择、工艺流程、施工工艺进行把控。首先要严格选材与检验，尽最大可能选用与原建筑材料质地与性能相近的材料，并进行严格检验，例如：某古建筑修缮施工前，首先对木材的种类、含水率、规格，砖瓦的材质、色泽进行了严格筛选，确保修缮后与原建筑保持一致；其次是要遵循传统工艺，严格按照古建筑传统修缮工艺施工，不得随意简化或者更改；最后是要提高施工技艺，选用手艺精湛工人，同时要求监理单位安排专业技术人员每天对施工质量检查，关键工序进行旁站监督，发现问题及时整改<sup>[6]</sup>。

### 4. 把握好进度控制

项目施工前，要根据古建筑修缮工程的规模、复杂程度等制定详细的施工进度计划，明确各个阶段的施工任务，细化每日计划，倒排工期，要在确保安全、质量合格基础上，做好进度管

理。古建筑修缮有其特殊性，要合理安排工序，避免因人为因素抢进度。某古建筑修缮过程中，进度从前到后服从安全与质量，在此基础上，每日通过对比实际进度与计划进度，研判当前进度是否合理，同时每周召开例会，分析进度偏差原因，根据进度偏差情况，及时采取可行有效措施进行调整，确保工程进度科学合理。

#### 5. 严格造价控制

古建筑修缮工程在施工阶段会不可避免的发生变更洽商，对于必须发生的变更洽商，要经提出变更洽商单位充分说明理由，并经建设单位、设计单位、监理单位、施工单位四方签字确认，同时所涉及的预算调整均需全过程跟踪审计单位审核确定后方可生效，坚决避免随意发生设计变更和工程洽商。

#### 6. 强化竣工验收

古建筑修缮竣工验收是文化遗产保护的最后一道“安全阀”，要严格按照规范程序执行，不能简单的走过场，需要以科学态度与敬畏之心对待，在初验合格后再组织终验。验收前要对竣工资料核查，要核对文物主管部门批复文件、修缮方案、设计图纸、施工过程资料等，在此基础上，查验现场施工是否符合规范要求，是否和竣工资料一致，是否符合古建筑修缮标准，确保修缮后的古建筑在消除安全隐患的同时，历史信息得到最大化的保留。

### （三）工程后期管理

#### 1. 及时完成工程结决算

古建筑修缮工程施工结束后，应尽快开展工程结算及项目竣工财务决算工作，首先要对施工图纸、变更洽商、合同等全过程动态资料一一核对，力求完整、准确、无误；其次要精确计算工程量和工程造价，对价格调整、费用计取要合理、实事求是、减少争议，为工程结决算顺利推进打好基础；第三要加强各参建单位的沟通协调，及时总结沟通不畅导致的问题，提高结决算效率。

#### 2. 细化档案管理

做好古建筑修缮工程资料整理是十分重要的，要全面收集项目实施过程中的全过程资料，包括工程立项文件，设计图纸，施工记录，质量检验报告，材料选用凭证，并按照类别，时间等分类整理，便于查阅和管理，同时做好资料移交归档工作，为后续古建筑保护、研究、再修缮提供依据<sup>[7]</sup>。

## 三、古建筑修缮后的合理利用

古建筑修缮的目的就是为了保护，保护的目的是为了将其历史文脉保存下来，供后人传承利用，而不是将其关起来，锁起

来。作为建设单位，要深入贯彻落实“保护为主、抢救第一、合理利用、加强管理”的文物工作方针，使古建筑文物遗产活化利用起来。因此如何做好文化遗产合理利用后半篇文章就显得极为重要。

### （一）加强古建筑常识普及教育及宣传

古建筑常识的普及宣传对于保护利用好这些文化遗产是十分重要的，只有了解古建筑常识，才能更高层次的明白古建筑文化遗产的重要意义<sup>[8]</sup>。

### （二）做好资料搜集及研究工作

古建筑有其自身的特点，具有独特性，要搜集古建筑等文化遗产相关历史资料，同时加大对散落在外的附属文物征集，深入挖掘古建筑的历史、文化价值。

### （三）文物建筑数字化勘察

对文物建筑进行数字化勘察，就是运用三维扫描建立古建筑数字化档案，通过 BIM 技术对现存古建筑建模，包括文物建筑及附属文物数字化记录，实现数字化模型。

### （四）展示利用

要根据现有古建筑实际条件，对展示利用内容、展示利用方式、展示利用分区等进行研究，确保古建筑“活态传承”<sup>[9]</sup>。在保障文物安全且不与文物价值冲突的基础上，要对古建筑展示利用承载力进行专业评估，明确展示利用规模、频率，根据评估结果确定展陈利用方式，同时要丰富古建筑活化利用形式，加强研究内在价值，挖掘利用潜力，使古建筑蕴含的内在文化重要性得以延续<sup>[10]</sup>。

## 四、结语

建设单位作为古建筑修缮工程及后续保护利用的第一责任主体，应当从从前期的历史文献查询、古建筑现状勘察、修缮方案论证、施工现场管理、后期竣工验收等进行全过程精准高效管理。本文从建设单位视角出发，通过对某古建筑修缮工程全过程、全链条、全周期的管理体系架构进行分析，同时提出待古建筑保护修缮完成后，要通过合理的展示及利用，为古建筑建立可持续发展的，有生命力的使用管理模式，更广泛的让社会共享古建筑等文化遗产保护成果，实现古建筑文物价值、社会价值提升，推动文化遗产保护事业可持续发展。

## 参考文献

- [1] 王福成，研究古建筑修缮原则与施工管理问题 [J]. 城市建设理论研究（电子版）. 2020.
- [2] 阮敏杰 宋育锋，古建筑修缮工程施工管理模式构建研究 [J]. 江西建材 .2023.
- [3] 杨凯佳，关于古建筑修缮工程施工管理的探析 [J]. 四川水泥 2020.
- [4] 叶星，浅谈古建筑修缮工程造价管理 [J]. 中国建筑金属结构 .2021.
- [5] 赵冬芳，精细化管理在古建筑修缮工程中的应用 [J]. 工程技术研究 .2021.
- [6] 许军，古建筑修缮过程中提高文物建筑保护与利用的技术研究施工管理路径探究 [J]. 收藏 .2022.
- [7] 杨红霞，古建筑修缮过程中如何提高保护与利用水平 [J]. 文物鉴定与鉴赏 2020.
- [8] 康建军，山西古建筑保护与展示利用 [J]. 收藏 2023.
- [9] 魏颖双，文旅融合视域下古建筑保护与活化利用探析——以故宫冰窖为例 [J]. 水利与建筑工程学报 .2023.
- [10] 韩雪娇，山西古建筑文化遗产保护实践与活化利用路径探索 [J]. 经济师 .2022.

# 基于绿色施工技术理念的建筑施工技术研究

张灿

泰兴一建设集团有限公司, 江苏 泰州 518100

DOI:10.61369/UAID.2024100017

**摘 要 :** 绿色施工技术作为建筑业高质量发展的重要支撑, 致力于通过各类节能环保技术的集成应用, 实现建筑全生命周期的可持续发展目标。本文以某华东地区甲级智能化办公建筑为例, 从施工技术角度深入探讨了外窗系统优化、智能楼宇控制及保温施工等方面的绿色技术应用, 可为建筑工程绿色施工提供技术参考, 提升绿色建筑实施的科学性, 进一步推动建筑工程绿色化发展。

**关 键 词 :** 绿色施工; 外窗系统; 智能楼宇; 保温技术; 节能环保

## Research on Construction Technology Based on Green Construction Technology Concept

Zhang Can

Taixing Yijian Construction Group Co., LTD. Taizhou, Jiangsu 518100

**Abstract :** Green construction technology, as a crucial support for the high-quality development of the construction industry, is dedicated to achieving sustainable development goals throughout the entire lifecycle of buildings through the integrated application of various energy-saving and environmental protection technologies. This paper takes a Class A intelligent office building in East China as an example, delving into the application of green technologies such as optimization of exterior window systems, smart building control, and insulation construction from a technical perspective. It can provide technical references for green construction in engineering projects, enhance the scientific implementation of green buildings, and further promote the greening of construction projects.

**Keywords :** green construction; exterior window system; intelligent building; thermal insulation technology; energy saving and environmental protection

## 引言

随着我国建筑业进入高质量发展新阶段, 推进绿色施工技术创新, 实现建筑工程节能环保已成为行业转型升级的必然选择。国家相关标准规范的不断完善, 对建筑施工过程的节能环保、资源利用效率等提出更高要求。在施工阶段导入绿色技术理念, 结合项目特点与环境条件, 通过技术创新与系统集成, 对提升建筑工程绿色品质具有重要意义。施工单位需从建筑节能、智能控制、环境保护等多个维度开展技术创新, 通过实施科学合理的绿色施工策略来保障工程建设目标的实现。本文以某甲级办公建筑项目为例, 系统探讨了绿色施工技术的创新应用, 为推进建筑工程绿色化施工提供参考与借鉴。

## 一、项目概况

项目位于华东地区经济开发区核心区块, 总建筑面积36210m<sup>2</sup>, 其中地上建筑面积28230m<sup>2</sup>, 地下建筑面积7980m<sup>2</sup>。建筑高度68m, 地上18层, 地下2层, 总投资3.2亿元。项目定位为甲级智能化办公建筑, 计划工期24个月, 施工工序包含基坑支护、主体结构、机电安装及精装修。施工场地东西长120m, 南北宽80m, 场地内设有临建设施及材料堆场。

## 二、绿色施工技术理念

绿色施工技术理念是以建筑全生命周期理论为基础, 将环境保护、节能减排、资源高效利用融入建筑施工全过程的系统工程。其主要目标是通过优化设计、合理选择材料、提高施工过程中的能效和资源利用率, 减少环境污染和碳排放。在这一理念指导下, 建筑项目的每一个环节都应实施绿色技术, 从设计阶段的节能优化, 到施工阶段的环境污染控制, 再到材料的绿色选择和废弃物管理。此外, 绿色施工理念强调利用先进技术, 如智能建



筑、建筑信息模型（BIM）等，实现施工过程的精细化控制。

三、建筑施工技术应用

（一）外窗系统热工性能优化与一体化设计

基于本项目位于华东地区的气候特征及甲级智能化办公建筑的使用定位，建筑外围护结构的热工性能直接影响建筑能耗水平。项目团队采用 DeST-h 动态能耗模拟软件，结合建筑负荷特性、室内热环境要求及建筑朝向，对幕墙系统进行参数化分析。通过模拟计算不同窗墙比、玻璃性能参数组合方案下的全年空调负荷，结果详见图1：

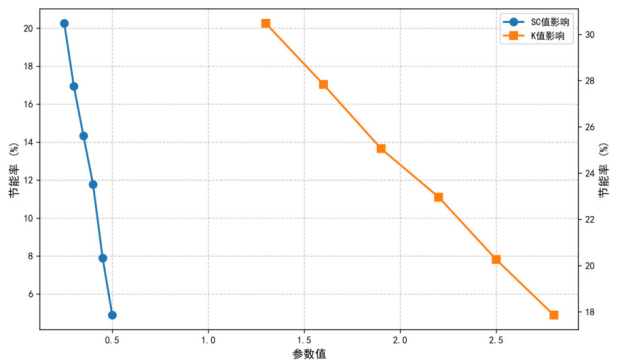


图1：窗墙热工性能参数优化分析图

研究表明：在确保室内采光要求的前提下，降低 SC 值比降低 K 值对建筑节能的影响更显著。基于此，项目在外窗系统设计中重点优化遮阳系数，并在外窗周边设置风机盘管处理冷热负荷，以此实现外围护系统的综合节能优化。

基于动态模拟分析结果，项目采用沿幕墙设置窗式风盘的创新设计方案，详见图2。通过在外窗下方设置风机盘管，形成一体化设计的围护构造，能够解决幕墙冷热负荷的问题，同时降低实际窗墙比，提升建筑整体能效。

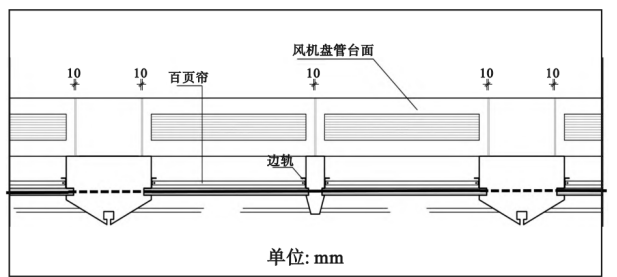


图2：沿幕墙设置的窗式风盘

窗墙比优化设计采用动态能耗模拟技术，基于建筑朝向、气候特征及使用功能进行参数化分析。南向立面窗墙比控制在0.35，东西向立面窗墙比控制在0.25，北向立面窗墙比控制在0.20，整体窗墙比平均值为0.28。外窗系统采用 Low-E 双银中空玻璃，传热系数 K 值为 1.8W/(m<sup>2</sup>·K)，遮阳系数 SC 值为 0.38，可见光透射比为 0.65。基于建筑节能优化要求和不同朝向的太阳辐射特征，对此次建筑项目工程设计包含活动遮阳、水平遮阳板和竖向遮阳板在内的复合遮阳系统，详见表1：

表1：设计参数

遮阳类型	材料 / 形式	关键参数	控制方式
活动遮阳	电动铝合金百叶帘	-	根据太阳辐射强度自动调节
水平遮阳板	轻质铝合金	构件深度：600mm 安装角度：25度	固定式
竖向遮阳板	轻质铝合金	遮阳角度：35度	固定式 (应用于东西向立面)

为确保外窗系统的气密性、水密性和保温性能满足严寒地区工程使用要求，同时兼顾施工安装的可靠性和维护便利性，研究还对门窗系统的框架材料、密封构造和安装节点进行了系统化设计<sup>[1]</sup>。门窗框架选用断桥铝合金型材，断桥宽度32mm，框料壁厚2.0mm，采用三道密封胶条实现气密性等级为8级，有效防止冬季冷风渗透和结露。玻璃安装采用结构胶封装工艺，设置排水槽和压条，确保气密性和水密性，便于排除可能渗入的雨水。所有构件连接采用不锈钢紧固件，密封胶选用耐候性硅酮结构胶，提高系统的整体耐久性和使用寿命。

（二）智能楼宇控制技术

绿色建筑施工过程中，智能化控制系统是实现建筑节能与环境调节的核心技术支撑。本工程基于 BIM 技术平台，构建智能楼宇管理体系，运用数字孪生技术实现建筑全生命周期的智能化管控。通过搭建虚拟建筑模型，对建筑设备系统进行参数化配置和运行模拟，优化控制策略，提升系统运行效率，降低建筑能耗。

基于绿色施工理念，本工程设计三大智能控制子系统，实现建筑全过程节能控制：

第一，外围护结构智能调节系统采用双层控制策略。针对严寒地区建筑外维护结构易出现热损失大、室内舒适度差等问题，工程设计双层智能调节系统，通过主动遮阳与自然通风相结合的策略，优化建筑微环境，降低空调能耗。外围护结构智能调节系统采用分层控制架构，实现遮阳与通风的协同调节。外窗遮阳系统依据光照度传感器 (200-2000lux) 和温度传感器 (-20℃ -50℃) 数据建立实时控制模型。当太阳辐射强度超过 350W/m<sup>2</sup> 或室内采光度超过 500lux 时，电动百叶帘根据太阳高度角自动调节至最优遮阳角度 (15° -45°)。幕墙通风系统配置温度传感器和 CO<sub>2</sub> 浓度传感器 (检测范围 0-2000ppm)<sup>[2]</sup>。该系统实现自然通风调节的控制逻辑详见表2。系统通过 DDC 控制器连续采集环境参数，调节执行器运行状态，实现建筑被动式节能。

表2：控制逻辑

控制参数	阈值范围	执行动作
CO <sub>2</sub> 浓度	>1000ppm	开启通风窗
室内外温差	3-5℃	开启角度 25°
室内外温差	5-8℃	开启角度 35°
室内外温差	>8℃	开启角度 45°
室外风速	>5m/s	自动关闭

第二，暖通空调智能控制系统采用变频调速策略。暖通空调系统采用集中控制与分散执行相结合的架构，DDC 控制器以 30s 为采样周期连续采集温湿度数据，构建动态负荷预测模型。在送风系统中，VAV 变风量控制通过风机变频装置实现转速自动调

节,运行频率范围为20Hz–50Hz,以管道静压280Pa为控制目标值,确保气流分配均匀。水系统采用VWV变水量技术,水泵变频范围为25Hz–50Hz,以供回水温差5℃为基准,实现流量的无级调节。

第三,基于DALI协议构建三级控制网络的照明智能控制系统设计。在绿色建筑设计理念中,照明系统能耗约占建筑总能耗的20–30%。为响应国家节能减排政策,实现建筑照明系统的智能化控制,本工程基于DALI数字照明控制协议,开发了一套自适应照明控制系统。照明智能控制系统构建三级控制网络架构:主控制器通过RS485总线与64个照明回路控制器通信,每个控制器最多管理64盏灯具。系统按使用功能划分为四个控制分区,每个分区配置光照度传感器(检测范围10–2000lux)和人体感应器(感应范围120°,距离6m),实现照明的精准调控。采用渐变调光策略,光通量调节范围为10%–100%,调光步长1%,确保照明过渡平滑自然<sup>[3]</sup>。当自然光照度达到设定值时,照明功率自动降至30%;无人区域自动延时5min关闭。

### (三) 楼板墙体保温施工技术

针对华东地区冬冷夏热的气候特征,建筑外围护结构保温性能直接影响建筑能耗及室内热环境质量。基于绿色施工理念,围护结构保温系统设计选用XPS挤塑板外墙外保温体系及真空绝热板复合保温技术,以实现建筑围护结构传热系数优于国家节能设计标准GB 50189–2015规定值15%的目标。XPS板外墙外保温系统由保温层和抗裂防护层构成,详见图3:

XPS板外墙外保温系统图示

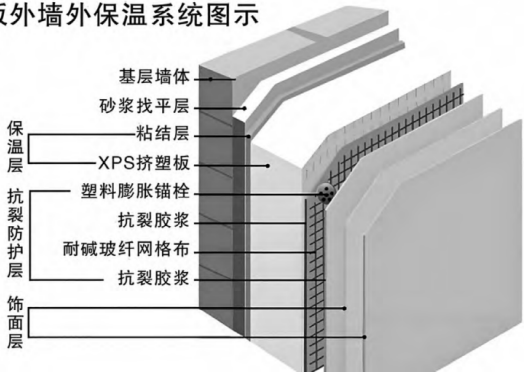


图3: 外墙外保温系统

建筑外墙采用XPS挤塑板保温系统,导热系数 $\lambda=0.030\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,热阻值 $R=3.33\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 。XPS挤塑板采用闭孔发泡工艺,密度 $35\text{kg}/\text{m}^3$ ,压缩强度 $\geq 300\text{kPa}$ ,与基层墙体粘结强度达 $0.15\text{MPa}$ 。保温施工采用粘锚一体化工艺,配合 $\phi 10\text{mm}$ 塑料膨胀锚栓固定,锚栓间距 $600\text{mm}\times 800\text{mm}$ ,锚固深度 $80\text{mm}$ 。保温板接缝采用发泡聚氨酯填充,形成整体连续的保温层<sup>[4]</sup>。抗裂防护层选用柔性防裂砂浆,内置耐碱玻纤网格布增强,砂浆抗压强度 $\geq 15\text{MPa}$ ,粘结强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ 。楼板保温系统应用低导热复合地暖模块,由30mm厚挤塑聚苯板基层、导热层和15mm厚铝箔反射层组成。复合模块采用干式铺装工艺,面层采用60mm厚C30细石混凝土。经计算分析,建筑外墙传热系数 $K\leq 0.35\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ,实现了建筑围护结构的高效保温隔热性能。

## 四、结语

建筑工程作为城市建设的重要组成部分,需满足节能环保、舒适宜居等多元化需求,以提高建筑使用品质和环境效益。在设计施工阶段,需通过技术创新、系统优化等手段,实现绿色施工目标。本文以某华东地区甲级智能化办公建筑为研究对象,探索了绿色施工技术的创新实践,可为同类型项目提供借鉴。未来应进一步加强绿色施工技术创新,优化工艺流程,探索全生命周期节能途径,推动建筑业绿色化发展。

## 参考文献

- [1] 黄伟祥. 研究绿色施工理念下建筑工程节能施工技术 [J]. 建设科技, 2023(4): 82–84.
- [2] 吴万衡. 绿色施工技术理念下房屋建筑施工技术的创新探讨 [J]. 中华建设, 2023(11): 65–67.
- [3] 刘孟军. 基于绿色发展理念视角下的建筑工程绿色施工技术应用路径研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2022(24): 71–73.
- [4] 钟永强. 浅析绿色施工技术在建筑施工中的应用 [J]. 城市建筑, 2020, 17(12): 3.



# 市政工程施工质量的关键影响因素分析

王晔

武汉市桥梁工程有限公司，湖北 武汉 430061

DOI:10.61369/UAID.2024100004

**摘要：**市政工程施工质量受多维度因素交织影响，直接关系到城市基础设施的安全性、耐久性与功能性。本文从人员、材料、机械与设备、施工方法与技术、环境、管理与制度、经济与合同等方面，系统剖析影响市政工程施工质量的关键因素。研究表明，人员的专业素质与质量意识、材料的性能与管理、机械设备的选型与维护、施工工艺的科学性、环境条件的适应性、管理制度的完善性以及经济合同的保障性等，均通过相互关联与系统性作用对施工质量产生显著影响。其中，人员与材料因素为基础性关键要素，管理与制度因素是协调各环节的核心，而环境与经济因素则通过间接或直接方式引发连锁反应。明确各因素的作用机制与权重，对提升市政工程施工质量控制的科学性与有效性具有重要意义。

**关键词：**市政工程；施工质量；影响因素；质量控制

## Analysis of Key Factors Influencing the Construction Quality of Municipal Engineering

Wang Ye

Wuhan Bridge Engineering Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430061

**Abstract：** The construction quality of municipal engineering is affected by multiple intertwined factors, which directly relate to the safety, durability, and functionality of city infrastructure. This paper systematically analyzes the key factors that affect the construction quality of municipal engineering from various aspects, including personnel, materials, machinery and equipment, construction methods and techniques, environment, management and institutional factors, economic and contractual aspects. Research indicates that the professional quality and quality awareness of personnel, material performance and management, selection and maintenance of machinery and equipment, scientific nature of construction technology, adaptability to environmental conditions, perfection of management systems, and the guarantee of economic contracts all have a significant impact on construction quality through interrelated and systematic effects. Among them, personnel and material factors are fundamental key elements, while management and institutional factors are the core of coordinating various links. Environmental and economic factors, on the other hand, trigger chain reactions either indirectly or directly. Clarifying the mechanism and weight of each factor is of great significance to improve the scientific and effective quality control of municipal engineering construction.

**Keywords：** municipal engineering; construction quality; influencing factors; quality control

## 引言

在城市建设进程中，市政工程作为基础设施建设的核心构成，承载着交通运行、公共服务、生态环境等多重功能，直接关乎城市居民的生活品质与社会经济的可持续发展。从纵横交错的城市道路到保障民生的给排水系统，从地下交通枢纽到市政桥梁工程，每一项市政工程都与城市的正常运转紧密相连。随着城市化进程的加速推进，市政工程建设规模不断扩大，项目复杂度日益提升，施工质量问题也逐渐凸显。部分道路工程出现路面开裂、沉降不均，给排水管道渗漏、堵塞，桥梁结构耐久性不足等现象，不仅造成资源浪费，更对公共安全构成潜在威胁。深入剖析市政工程施工质量的关键影响因素，探究各因素间的内在关联与作用机制，对于完善质量管控体系、提升工程建设水平具有重要的现实意义。

## 一、市政工程施工质量概述

### （一）施工质量的定义与内涵

施工质量是指在国家现行的有关法律、法规、技术标准、设计文件和合同中，对工程的安全、适用、经济、环保、美观等特性的综合要求。从本质上讲，其体现了工程建设过程中，施工单位运用一定的技术手段和管理方法，将工程设计转化为实体工程时所达到的符合相关标准和要求的程度。工程实体质量是其最直观的体现，涉及工程的结构安全、使用功能、耐久性等，直接关系到工程能否正常投入使用以及使用寿命。工序质量作为构成工程实体的基础，其好坏直接影响整体工程质量，例如混凝土浇筑时振捣不密实，就会导致混凝土构件强度不足。而工作质量则是施工质量的保障，涵盖施工单位的管理水平、人员素质、技术能力等方面，包括质量管理体系的运行、施工组织设计的合理性、施工人员的操作规范程度等。随着我国城市化进程的不断加快，市政工程施工规模也在不断扩大，尽管这在某种程度上推动了社会经济的快速发展，但在实际市政工程项目建设中，却常常受各种因素所影响而导致施工中出现一些质量和安全问题，给整个市政工程的顺利开展造成很大阻碍<sup>[1]</sup>。

### （二）市政工程施工质量的特点

市政工程施工质量受多种因素影响，自然条件中的地质、气候情况，人员的技术水平与责任心，材料和机械设备的质量性能，施工工艺的先进程度以及管理水平的高低等，都会对其产生作用<sup>[2]</sup>。由于市政工程产品具有单件性，施工生产存在流动性，难以像工业产品那样进行标准化生产。每个项目都有独特性，施工过程中操作不当或环境变化，都容易引发质量波动。不同路段的道路施工，因地形、地下管线情况不同，施工难度和质量控制重点也会不同<sup>[3]</sup>。市政工程许多分项工程存在质量隐蔽性强的特点，下道工序常会覆盖上道工序，如地下排水管道安装后进行回填土，若管道安装有问题，回填后很难发现，给质量检查和验收带来困难。而且一些工程的内部结构和构造同样具有隐蔽性，例如桥梁的桩基工程，其质量问题在施工完成后难以直接观察和检测。

## 二、关键影响因素分析

### （一）人员因素

人员作为市政工程施工的核心主体，其素质与行为直接决定施工质量。施工人员的专业技能水平至关重要，例如熟练掌握测量技术的人员能够精准定位放线，保障工程结构的位置准确；经验丰富的混凝土工可以根据不同施工条件调整振捣方式，避免出现蜂窝麻面等质量缺陷。若施工人员技能不足，可能导致操作失误，如管道连接不规范引发渗漏问题。同时，管理人员的管理能力与责任心也不可或缺，优秀的项目管理人员能够合理组织施工流程、调配资源，及时发现并解决质量隐患；反之，管理松散会导致施工秩序混乱，质量管控流于形式<sup>[4]</sup>。此外，所有参与人员的质量意识也影响重大，若缺乏质量意识，容易忽视施工规范，为质量问题埋下隐患。

### （二）材料因素

材料是市政工程的物质基础，其质量优劣直接关系到工程整

体质量。原材料的质量特性，如水泥的强度等级、砂石的含泥量、钢材的屈服强度等，必须符合设计和规范要求。若采购的水泥强度不足，会导致混凝土结构强度不达标；砂石含泥量过高，会降低混凝土的和易性与强度<sup>[5]</sup>。材料的储存与运输环节也不容忽视，例如钢筋受潮生锈会降低其力学性能，沥青在高温环境下储存不当会影响摊铺质量。假冒伪劣材料的混入，更是会严重威胁工程质量安全，如使用劣质排水管，可能在投入使用后短时间内就出现破裂、堵塞等问题。

### （三）机械与设备因素

施工机械与设备是保障市政工程顺利施工和质量达标的重要工具，先进、合适的机械设备能够提高施工效率和质量，例如摊铺机摊铺路面可以保证平整度和厚度均匀；液压打桩机能够精准控制桩基打入深度和垂直度。但机械设备的性能与维护状况影响显著，若压路机的碾压轮磨损严重，会导致路基压实度不足；混凝土搅拌设备计量不准确，会使混凝土配合比失控。此外，设备的选型也至关重要，若在狭窄施工场地选用大型机械设备，不仅操作不便，还可能影响施工质量，如无法对边角区域进行有效压实。

### （四）施工方法与技术因素

科学合理的施工方法和先进的技术是确保市政工程质量的关键，施工工艺的选择直接影响工程质量，例如在软土地基处理中，采用粉喷桩加固法与换填法会产生不同的处理效果；在道路沥青摊铺时，分层摊铺与一次性摊铺的质量差异明显。新技术、新工艺的应用若得当，能够提升工程质量和效率，如 BIM 技术在施工中的应用，可以提前发现设计冲突，优化施工方案；装配式施工技术能减少现场湿作业，提高构件质量稳定性<sup>[6]</sup>。但如果施工方法不当或技术应用不熟练，反而会带来质量问题，如新技术应用时，施工人员操作不规范，可能导致施工效果无法达到预期。

### （五）环境因素

环境因素对市政工程施工质量有着不可忽视的影响，自然环境方面，地质条件影响基础工程施工，复杂的地质结构可能增加地基处理难度，若处理不当会引发不均匀沉降；气候条件如高温、低温、降雨、大风等，会干扰施工过程，高温会加速混凝土水分蒸发，导致开裂；降雨会影响路基压实度<sup>[7]</sup>。人文环境同样重要，周边居民的干扰、施工区域的交通状况等，都会影响施工进度和质量，如施工区域交通繁忙，可能导致材料运输延误，影响施工连续性，进而影响质量。

### （六）管理与制度因素

完善的管理体系和健全的制度是保障施工质量的重要支撑，质量管理体系的有效运行能够规范施工行为，明确各部门和人员的质量职责。通过质量策划、质量控制、质量保证和质量改进等环节，能够确保施工过程处于受控状态<sup>[8]</sup>。若质量管理制度缺失或执行不力，如缺乏严格的质量检验制度，会导致不合格产品流入下一道工序。同时施工组织设计与进度管理也会影响质量，不合理的进度安排可能导致施工人员为赶工忽视质量标准；施工组织混乱会造成资源浪费和施工效率低下，进而影响质量。

### （七）经济与合同因素

经济因素与合同因素对施工质量有着间接但重要的影响，资金投入不足会限制优质材料的采购、先进设备的引进和高素质人员的聘用。为保证工程进度和降低成本，施工单位可能会选用低

质量材料或减少必要的施工工序，从而影响质量。合同条款的严谨性也至关重要，若合同中对质量标准、验收方法、违约责任等规定不明确，容易引发质量纠纷，施工单位可能会在质量控制上存在侥幸心理，降低质量要求。例如合同未明确材料的品牌和规格，施工单位可能选用价格低廉但质量不达标材料。

### 三、各因素间的相互作用与影响

#### （一）因素间的关联性

市政工程施工质量的各影响因素相互交织、紧密关联，人员因素与材料、机械、技术等因素密切相关，施工人员的专业技能水平直接决定了材料的合理使用和机械设备的正确操作<sup>[9]</sup>。例如熟练的操作人员能够根据材料特性和设备性能，精准控制混凝土的搅拌时间与配比，避免因操作不当导致材料浪费或设备损耗，进而影响施工质量。同时施工人员对新技术、新工艺的掌握程度，也决定了施工方法能否有效实施。若施工人员技术不达标，即便采用先进的施工技术，也难以达到预期质量效果。材料因素与机械、环境因素也存在关联，不同性能的材料需要特定的机械设备进行加工和施工，如高强度钢材的切割和焊接，需要专业的切割设备和焊接机械。而环境因素会影响材料的性能和储存条件，高温、潮湿环境可能加速材料的老化和变质，进而影响机械设备的施工效果和施工质量。管理与制度因素则贯穿于其他各个因素之中，科学的管理制度能够合理调配人员、材料和机械设备，优化施工方法和技术应用，协调环境因素带来的影响。完善的质量管理制度可以规范人员行为，确保材料采购、检验和使用符合标准，保障机械设备的正常维护和合理使用，促进施工方法和技术的有效实施。

#### （二）系统性影响

各因素相互作用形成一个有机的系统，对市政工程施工质量产生系统性影响。当人员具备较高的专业素质和质量意识，选用优质材料、合适的机械设备，采用科学的施工方法，并在良好的管理与制度保障下，结合适宜的环境条件，整个施工过程能够高效、有序进行，施工质量也能得到有效保障<sup>[10]</sup>。例如在一个道路施工项目中，经验丰富的施工团队严格按照施工规范操作，使用质量合格的沥青和砂石材料，借助先进的摊铺机和压路机，在合理的施工组织安排下，避开雨季等不利天气，最终能够铺设出平整度高、强度达标的优质路面。然而若系统中的某一个或几个因素出现问题，就会引发连锁反应，影响整个施工质量。例如材料

采购环节出现问题，使用了不合格的水泥，即便施工人员技术精湛、机械设备先进、施工方法科学，也难以保证混凝土结构的强度和耐久性。同时管理与制度因素的缺失或不完善，会使整个系统失去有效的约束和协调，导致各因素无法发挥应有的作用，施工质量将受到严重影响。

#### （三）关键因素的权重分析

在影响市政工程施工质量的众多因素中，不同因素的重要程度存在差异。人员因素是关键因素之一，其权重相对较高，因为施工人员是施工活动的直接执行者，他们的技能、态度和责任心直接决定了施工操作的准确性和规范性。如果施工人员素质不高，即便其他因素都处于良好状态，也难以保证施工质量。材料因素同样占据重要地位，其质量直接关系到工程实体的质量，权重也不容忽视。不合格的材料会从根本上降低工程质量，且后续难以通过其他手段弥补。机械与设备因素在现代化市政工程施工中占据重要地位，先进、合适的机械设备能够提高施工效率和质量的稳定性，其性能和维护状况直接影响施工过程的顺利进行和施工质量。施工方法与技术因素对施工质量提升起着关键的推动作用，科学合理的施工方法和先进的技术能够充分发挥人员、材料和机械设备的优势，解决复杂的施工问题，提升工程质量。环境因素虽然不可控性较强，但在某些特定项目中，如山区道路建设、沿海桥梁工程等，对施工质量的影响显著。管理与制度因素则是协调和保障其他因素发挥作用的中枢环节，其权重也处于较高水平。完善的管理体系和制度能够整合各因素，确保施工质量的稳定。经济与合同因素虽以间接方式影响施工质量，但在项目实施过程中起着至关重要的支撑作用。若资金短缺或合同条款存在漏洞，将直接影响其他关键因素的有效落实，进而对施工质量产生负面影响。

### 四、结束语

市政工程施工质量是人员、材料、机械、技术、环境、管理及经济合同等多因素相互作用的综合体现，这些因素既各自发挥关键作用，又通过系统性关联形成复杂网络，任一环节的疏漏都可能引发质量隐患。面对城市化建设的持续深化，市政工程质量控制需突破单一因素管理的局限，构建“全要素协同、全过程管控”的质量保障体系。唯有以系统性思维统筹各影响因素，才能从根本上提升市政工程建设质量，为城市基础设施的安全运行与长远发展筑牢根基。

### 参考文献

- [1]王永彩.市政工程施工中质量的影响因素和项目质量控制[J].中国建筑金属结构,2021,(06):38-39.
- [2]翟志军.市政工程施工质量影响因素分析[J].建材与装饰,2019,(36):37-38.
- [3]俞润.浅议市政工程施工中质量的影响因素和项目质量控制[J].科技风,2019,(31):112.DOI:10.19392/j.cnki.1671-7341.201931100.
- [4]丁如青.市政工程施工质量的影响因素及质量控制[J].大众标准化,2023,(04):19-21.
- [5]张祥.市政工程施工质量的影响因素及质量控制[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(05):201-203.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202405067.
- [6]梁伟,朱世平.市政工程施工质量的关键影响因素分析[J].中国品牌与防伪,2024,(09):63-65.
- [7]沈海,王森杰.市政工程施工中质量的影响因素和项目质量控制研究[J].住宅与房地产,2019,(28):198.
- [8]高昆.市政工程施工中质量的影响因素和项目质量控制[J].建材与装饰,2019,(05):1-2.
- [9]李陈.市政工程施工质量的影响因素及文明施工路径分析[J].居舍,2018,(34):3.
- [10]李林海.市政工程施工质量影响因素及质量控制[J].四川水泥,2018,(11):268.

# 地铁列车驾驶应急故障处置标准化流程构建与应用

陶涛

南京地铁运营有限责任公司, 江苏 南京 210000

DOI:10.61369/UAID.2024100005

**摘 要 :** 本文重点研究地铁列车驾驶应急故障处置的标准化流程。通过文献研究、案例分析、现场调研等方法剖析现有应急处置存在的问题,明确研究目的在于提高故障处置效率与安全性。为地铁运营安全提供有力保障,对城市轨道交通行业具有重要的理论与实践意义。

**关 键 词 :** 地铁列车; 应急故障处置; 标准化流程; 安全运营; 实践应用

## Construction and Application of Standardized Process for Emergency Fault Handling in Metro Train Driving

Tao Tao

Nanjing Metro Operation Co., Ltd. Nanjing, Jiangsu 210000

**Abstract :** This paper focuses on the standardized process of emergency fault handling for metro train driving. Through methods such as literature research, case analysis, and on-site investigation, the existing problems in the current emergency response are analyzed, and it is clarified that the research purpose is to improve the efficiency and safety of fault handling. Providing a strong guarantee for the safety of metro operation is of great theoretical and practical significance to the urban rail transit industry.

**Keywords :** subway train; emergency fault handling; standardized process; safe operation; practical application

## 引言

### (一) 研究背景

近年来,城市轨道交通凭借其大运量,准时,高效等优势,成为缓解城市交通拥堵的重要手段。随着地铁网络的日益扩大,运营里程的不断扩大,地铁列车的安全、稳定运行越发重要<sup>[1]</sup>。然而,地铁运营环境复杂,列车在运行过程中不可避免地会遇到各种故障,例如信号系统故障,牵引系统故障,制动系统故障等。这些故障不仅会影响列车的正常运行,导致运行延误,还可能引起安全事故,危害乘客生命财产安全和城市轨道交通系统的稳定运行。因此,如何科学、高效地处置地铁列车驾驶过程中的应急故障,是地铁运营企业亟待解决的重要问题<sup>[2]</sup>。

### (二) 研究目的

通过本研究,建立一套科学,系统,标准化的地铁列车驾驶应急故障处置流程,规范列车驾驶员面对各种应急故障的操作行为,提高故障处置效率,降低安全风险,保障地铁列车安全,准点运行,提升地铁运营服务质量和企业管理水平,为城市轨道交通的可持续发展提供有力支撑<sup>[3]</sup>。

### (三) 研究意义

从理论层面看,本研究丰富了城市轨道交通应急管理领域的理论研究,为地铁列车驾驶应急故障处置提供了新的理论视角和方法体系。从实践层面来说,标准化流程的构建与应用能够很好地指导地铁运营企业的实际工作,提高企业应急处置能力,减少因故障而造成的运营延误和经济损失,提高乘客满意度,增强企业的社会公信力和市场竞争力。同时,该研究成果对其他城市轨道交通运营企业也有一定的借鉴意义,有助于整个行业应急管理水平的提升<sup>[4]</sup>。



## 一、国内外研究现状

### （一）国外研究现状

国外城市轨道交通发展较早，在地铁列车应急故障处置方面积累了较丰富的经验。很多发达国家如美国、日本、德国等都已经形成了较为完善的应急管理体系和标准化处置流程。例如美国纽约地铁制定了详细的故障分类与处置指南，针对不同类型的故障有明确的处置步骤与责任分工。日本地铁十分注重应急演练和培训，定期开展模拟故障演练，提高驾驶员和相关工作人员的应急处置能力。德国地铁则通过列车状态监测系统、智能诊断系统等先进技术手段，对故障进行快速识别、预警，为应急处置提供有力的支持。此外，国外学者也从故障风险评估、应急决策模型构建、处置流程优化等方面对应急故障处置进行了不少研究<sup>[5]</sup>。

### （二）国内研究现状

随着我国城市轨道交通的快速发展，国内对地铁列车应急故障处置的研究也逐渐增多。国内学者的研究主要集中在应急管理体系构建、故障诊断技术、处置流程优化等方面。在应急管理体系构建方面，提出了基于风险管理的应急管理框架，重视故障风险的全过程管理。在故障诊断技术方面，研究基于 AI 和大数据的故障诊断方法，提升故障诊断的准确性与效率。处置流程优化方面，分析现有流程存在的问题，提出改进措施和建议。但目前国内地铁列车驾驶应急故障处置中尚存在流程不够标准化、各部门协同效率不高、驾驶员应急处置能力参差不齐等问题，需要进一步深入研究和改进<sup>[6]</sup>。

## 二、研究方法

### （一）文献研究法

通过查阅国内外相关文献、学术期刊、行业报告等资料，了解地铁列车驾驶应急故障处置的研究现状、发展趋势以及现有研究成果和存在的问题。对收集到的文献进行系统梳理和分析，为研究提供理论基础和参考依据<sup>[7]</sup>。

### （二）案例分析法

收集国内外地铁列车运营过程中发生的典型应急故障案例，对故障发生的原因、处置过程、处置效果等进行深入分析。总结案例中的经验教训，找出处置过程中存在的问题和不足之处，为标准化流程的构建提供实践依据。

### （三）现场调研法

深入地铁运营企业，与列车驾驶员、调度人员、维修人员进行面对面交流和访谈，了解他们在实际工作中遇到的应急故障类型、处置流程以及存在的困难和问题。实地观察列车驾驶过程和应急演练情况，获取第一手资料，为研究提供真实、可靠的信息。

### （四）专家咨询法

邀请城市轨道交通领域的专家、学者以及地铁运营企业的管理人员和技术人员组成专家咨询小组，对标准化流程的构建方案进行论证和评估。听取专家的意见和建议，对方案进行修改和完善，确保流程的科学性和可行性。

## 三、地铁列车驾驶应急故障处置现状分析

### （一）现有处置流程存在的问题

#### 1. 流程不规范

当前地铁运营体系中的部分企业尚未形成统一、规范的应急故障处置流程标准。由于不同线路建设的时期不同，设备配置和运营管理模式不同，列车驾驶员在遇到相同类型故障时，处置方式具有明显的多样化特征。再如遇到列车车门无法正常关闭的故障，有的线路驾驶员会严格按照步骤先尝试手动复位操作，有的线路驾驶员则有可能首先联系调度中心等待指示，处置效率参差不齐。此外，标准化的处置流程缺乏统一标准也使得新入职驾驶员难以迅速掌握标准化的处置流程，在实际操作中只能依靠老员工的口传心授，进一步加剧了处置效果的不一致性，不仅影响地铁的准点运行，而且可能因操作不当而引起潜在安全隐患<sup>[8]</sup>。

#### 2. 信息沟通不畅

地铁应急故障处置是一个多部门协同配合的复杂过程，但在实际工作中列车驾驶员、调度人员、维修人员等部门之间的信息传递存在诸多障碍。故障发生时，驾驶员需要通过车载通讯设备向调度中心报告故障情况，但由于通讯信号不稳定、表述不规范等原因可能导致信息传递不及时、不准确。同时，调度中心在将故障信息传给维修部门时也容易产生信息衰减或误解的情况。又如，有列车发生供电系统故障，驾驶员在报告时未将故障具体位置和现象准确说明，调度人员传递信息时又偏差，维修人员到现场后才发现携带的维修设备不配套，从而延误了故障处置时机。这种信息孤岛，使各部门不能形成有效的协同合力，严重影响应急处置的整体效率<sup>[9]</sup>。

#### 3. 应急决策缺乏科学依据

有的列车驾驶员对于应急故障的决策，过分地凭经验判断，缺乏科学的分析判断。在出现突发故障时，时间紧、压力大，驾驶员不能全面、客观地看待故障，仅以以往经验为基础，这无疑加大了决策失误的风险。此外，现有应急决策过程中，故障信息的综合分析和利用不足。地铁列车所配备的各类监测系统可实时采集海量数据，但这些数据往往没有得到有效整合和分析，不能为应急决策提供全面、准确的依据，难以制定出最优的处置方案。

#### 4. 培训体系不完善

地铁运营企业对应急故障处置培训重视程度较低，培训内容、方式单一。目前的培训大都是理论讲解，缺少实际操作和模拟演练环节，难以让驾驶员真正掌握应急故障处置的关键技能和要点。同时，培训内容缺乏针对性和实用性，不能根据不同的线路、不同的岗位的特点进行差异化设计，不能满足实际工作的多样化要求。此外，培训周期长，更新不及时，未能及时将新技术、新设备、新的应急处置方法纳入培训体系<sup>[10]</sup>。这导致驾驶员对应急故障处置流程掌握不够熟练，应急处置能力良莠不齐，对复杂多变的故障情况难以快速、有效地采取应对措施。

### （二）问题产生的原因

#### 1. 管理理念落后

部分地铁运营企业对于标准化管理认识有局限性，缺乏科学的管理理念和方法。没有把标准化流程建设作为企业发展战略规划的重要内容，对应急管理工作重视程度不高，过分重视故障发生后的处理，而忽视事前预防、事中控制环节。这样的管理理念

使得企业在应急故障处置工作中处于被动地位，无法在提前对隐患进行识别和防范，也难以在故障发生过程中及时有效的进行干预和控制。又如企业在日常运营中不建立完善的设备巡检和维护制度，对设备可能存在的故障隐患缺乏系统性的排查和分析，增加了发生故障的概率和处置难度。

### 2. 技术支持不足

地铁列车运行系统涉及机械、电气、通信等多方面的专业，技术系统复杂。然而，部分地铁运营企业的故障监测和诊断技术水平较低，无法及时、准确地掌握故障信息。现有的监测设备能够采集大量的数据，但数据分析能力有限，难以从海量的数据中快速准确地识别故障特征及故障原因。与此同时，企业的信息管理系统不健全，各个部门之间数据共享和协同效率低，不能实现故障信息的实时传递与共享，严重制约了应急处置工作的开展。再如列车的信号系统发生故障，由于监测设备不能及时准确定位故障点，维修人员只能采用人工排查的方法进行故障诊断，这大大延长了故障处置时间。

### 3. 人员素质参差不齐

地铁列车驾驶员专业水平和工作经验相差较大，部分驾驶员在入职前未接受系统的应急故障处置培训，对应急处置流程和相关知识掌握不够扎实。驾驶员在实际工作中，由于缺乏有效的培训和指导，很难将理论知识转化为实际操作能力。此外，企业对应急管理人员的选拔培养机制不健全，缺乏科学的考核和晋升标准，应急管理团队整体素质不高。同时，应急管理人员缺乏组织协调、决策指挥等方面的能力，无法有效的组织和指导各部门开展应急处置工作，影响了应急故障处置的效果。

## 五、地铁列车驾驶应急故障处置标准化流程构建

### （一）标准化流程构建原则

标准化流程的构建应建立在科学的理论和方法上，充分考虑地铁列车运行的特点和规律，结合实际的工作需求，保证流程的合理性和可行性。同时，运用先进的技术手段和管理理念，提高流程的科学性、先进性。应急故障处置是一个系统工程，涉及多个环节和部门。标准化流程包括故障识别、应急响应、处置实施、事后评估等全过程，是一个完整的体系，各环节之间有机衔接和协同配合。流程设计要紧密结合地铁运营企业实际工作情况，具有较强的可操作性和实用性。流程要充分考虑到驾驶员、调度人员、维修人员等不同岗位的工作特点和需求，确保流程能指

导实际工作，解决实际问题。标准化流程虽强调统一和规范，但在实际应用中，由于故障情况复杂多变，应允许在一定范围内根据实际情况灵活调整，以适应不同的故障场景和需求。

### （二）标准化流程具体内容

列车驾驶员通过列车监控系统、车载设备报警信息、自身观察等多种方式，及时收集故障相关信息，如发生故障的时间、地点、现象、影响范围等。驾驶员根据掌握的故障信息，结合自己的经验和故障诊断手册，对故障类型和严重程度进行初步判断，并及时向调度人员报告。驾驶员报告后，调度人员及时将故障信息传递给维修部门、技术支持部门等相关部门，保证信息及时、准确。根据故障的严重程度和影响范围，调度人员根据应急预案的规定，及时启动相应级别的应急机制，成立应急指挥小组，明确各成员的职责和分工。应急指挥小组组织有关专家、技术人员对故障信息进行综合分析、评估，制定科学合理的处置方案。方案应有处置步骤，操作方法，安全注意事项等内容。根据处置方案的要求，及时调配应急处置需要的人力、物力和技术资源，保证应急处置工作的顺利开展。如派出维修人员到现场进行故障处理，配上备用列车等。

### （三）创新流程的标准化成果

通过引进人工智能和大数据技术，实时监测分析列车运行数据，实现故障自动识别和预警。通过建立故障诊断模型，从而提高故障识别的准确性和效率，减少人为判断的误差。建立基于信息化平台的信息共享和协同配合的应急响应机制。通过实时沟通和协作，提高应急决策的科学性和及时性，缩短故障处置时间。实时根据故障现场的实际情况和变化调整处置方案，实现处置过程动态化管理。

## 六、结论

本文通过对地铁列车驾驶应急故障处置现状的分析，建立一套科学、系统、标准化的应急故障处置流程。该流程涉及故障识别、应急响应、处置实施、事后评估等整个过程，具有科学性、系统性、实用性、灵活性等特点。标准化流程具有创造性，通过智能化、协同化、动态化和闭环化管理理念和技术手段的应用，提高了故障处置效率和准确性，降低了安全风险，为地铁列车的安全运行提供了有力保障。标准化流程在企业实践应用中取得较好的效果，有效缩短了故障处置时间，降低了安全风险，提升了运营服务质量和企业管理水平，证明了标准化流程的可行性和有效性。

## 参考文献

- [1] 曾康球. 关于深圳地铁隧道照明配电线路存在的问题及处理方案的探讨 [J]. 门窗, 2014, (08): 418+422.
- [2] 邓志翔, 王成, 徐军, 等. 基于车车通信列控系统城市轨道交通列车运行效率分析 [J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(3).
- [3] 孙美东, 胡仁杰, 马智勇. 车载雨刮智能控制系统 [J]. 电工电气, 2009, (12).
- [4] 刘彩红, 郭建波, 苏同升, 周继续. 轨道交通列车节能驾驶控制策略研究 [J]. 交通节能与环保, 2024, 20 (06): 84-88.
- [5] 张帆. 列车自动驾驶 (ATO) 季节性调节方案探讨 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2024, 21(1).
- [6] 宋扬, 于人生, 王建强. 适配标准地铁的列车控制与管理系统关键技术研究及设计 [J]. 铁道机车与动车, 2024, (3).
- [7] 鲁晓涛, 姜亮, 王金, 等. 中国标准动车组旅客界面设计中的 CMF 应用 [J]. 设计, 2020, (11).
- [8] 何发虎, 程建. 地铁列车折返时显示屏气制动图标异常原因分析及优化 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2024, 47 (05): 134-137.
- [9] 李志峰. 全自动运行地铁列车架大修的理论实践与创新研究 [J]. 运输经理世界, 2024, (26): 4-6.
- [10] 卢文龙. 智能驾驶技术在新能源公共交通系统中的应用探讨 [J]. 人民公交, 2024, (16): 171-173.

# 市政工程道路排水管网智能化建设质量管理路径分析

罗锦州

礼泉县建筑工程质量安全监督站, 陕西 咸阳 713200

DOI:10.61369/UAID.2024100006

**摘要：**道路排水管网是市政工程重要组成部分，伴随城市极端天气出现频次增加，排水管网质量也日益受到城市居民的重  
视。随着信息技术的发展，道路排水管网也可以提高智能化建设水平，实现智能化质量管理，保障排水管网功能实  
现。本文将基于道路排水管网智能化建设内涵，讨论排水管网智能化建设质量管理要点，并尝试提出智能化排水管网  
建设质量管理技术与管理创新方向，希望有所帮助。

**关键词：**市政工程；排水管网；智能化建设；质量管理

## Analysis of the Quality Management Path for the Intelligent Construction of Urban Engineering Road Drainage Pipelines

Luo Jinzhou

Liquan County Construction Engineering Quality Safety Supervision Station, Xianyang, Shanxi 713200

**Abstract：** The road drainage pipeline network is an important part of municipal engineering. With the increase in the frequency of urban extreme weather, the quality of drainage pipeline is also increasingly valued by urban residents. With the development of information technology, the road drainage pipeline network can also improve the level of intelligent construction, realize intelligent quality management, and the realization of drainage pipeline network functions. This paper will discuss the key points of quality management of intelligent construction of drainage pipeline network based on the connotation of intelligent construction of road drainage network, and try to put forward the technology of quality management and management innovation direction of intelligent drainage pipeline network construction, hoping to help.

**Keywords：** municipal engineering; drainage pipeline network; intelligent construction; quality management

### 一、道路排水管网智能化建设内涵

欲达到道路排水管网智能化建设目的，需重视技术架构的更新与优化。技术架构包括感知层、网络层与平台层。感知层设备较多，包括水质 COD 传感器、电磁流量计和超声波液位传感器等，其中，电磁流量计误差不超过 1%，超声波也为传感器精度在 0.5% 以内。网络层可实现混合通信，集合 5G 技术优势，数据传输时延可控制在 50ms 以内，丢包率不低于万分之五。平台层融合了数字孪生系统与大数据分析模块等技术优势，可实现可视化运维<sup>[1]</sup>。

基于智能化建设技术特性，质量管理工作也相对独特。首先，对数据依赖度较高。数据是否准确，会对后续决策效果产生显著影响。其次，支持全周期持续功能。智能化排水管网运维阶段，需要以年度为单位调试，避免设备带病工作。最后，多技术融合。智能化排水管网不仅需要重视管道施工质量，还需要重视软件工程、电子工程等质量，以实现排水管网预期功能。

### 二、道路排水管网智能化建设质量管理要点

#### （一）设计环节

设计环节需重视排水管网的科学规划，一方面需要确定排水

管网的功能目标，结合城市当地排水标准、管网附近环境、地质、水温条件，确定管网综合布局方案，包括泵站进口、出口、主干管、支管等。另一方面，需要结合预期排水管网功能，确定技术选型。具体而言，传感器选型应考虑温度、耐腐蚀性等环境要素，以及测量精度、防水等级等<sup>[2]</sup>。其中，测量精度应控制在 1% 以内，防水等级也需达到设计要求。还需考虑通信方案，通信技术的选择，不仅应具备较高可靠性，还应减少功耗，可采用 5G、LoRa 等技术，保证稳定传输各类数据。最后，需重视平台兼容性。管理平台需对接防汛指挥系统和市政管理系统，数据应互联互通，并支持可视化功能。

#### （二）施工环节

##### 1. 设备安装工艺

施工环节，应主要针对智能化排水管网的工艺质量控制。针对施工环节用到的材料，施工单位项目部应安排专人对进场材料进行检验，例如电缆、管道和传感器等，都需要检查产品合格证、质量说明书，并对传感器精度进行检测，流量计量程误差需控制在 1% 以内，液位传感器误差需控制在 0.5% 以内。同时通过工地试验室做管道材料抗压试验，通过试验的材料才能用于后续施工。设备的环境适应性测试同样重要，设备需避免强电磁干扰，且可以适应极端温度环境<sup>[3]</sup>。



设备选型也需作为质量控制重点。设备应依据排水管网功能选型,举例而言,若管网用于工业废水的排放,探头应具备较强抗腐蚀能力。再以流量计选型为例,满管流场景主要选择电磁流量计,反之可选择超声波流量计,若废水中泥沙含量较高,可选择多普勒流量计。

设备安装质量会直接影响排水管网功能。以电磁流量计为例,管道开孔之后,需安装法兰短管,固定流量计,并校准电机轴线,同时做好信号线缆接地,安装上游和下游的阀门后,最后做通水调试。水质传感器的安装可分成流通式安装与浸没式安装,前者会在管网旁通管路安装,并同步安装反冲洗装置;后者会用支架在水流主流区妥善固定,固定位置和管道底部距离不低于30cm,防止接触淤泥。

智能井盖安装之前,需要做好井口预处理,对井口附近混凝土进行充分清理,依照不超过5cm的标准控制找平误差。井盖基座材料一般为C30混凝土,并在基座上预埋地脚螺栓,以每米2mm的标准控制基座平面度。井盖安装需控制传感器接线质量,液位传感器和倾角传感器应穿金属波纹管,以IP68为标准控制防水接头密封等级。井盖安装过后,应在井盖上加载重物,进行承重测试,若井盖变形量不超过10mm,传感器数据收集功能无异常,即表明质量过关<sup>[4]</sup>。

一体化预支泵站的安装,需提高基坑施工和泵站安装质量。基坑开挖边坡坡度需符合设计要求,若设计文件未做明确规定,坡度一般需达到1:1.5,并在底部提前预留操作空间,深度约50cm,并开挖降水井,起到降水效果。此外,需以碎石与钢筋混凝土地板处理地基,混凝土标号不低于C25,碎石垫层厚度不低于200mm,并以不超过每米3mm的标准控制平整度。吊装泵站时,需以不超过60°的标准控制吊装角度,泵站成功就位后,以不超过0.1%的标准控制垂直度。管道连接采用的水管接头,应选择柔性橡胶接头,以不超过2mm的标准控制法兰链接误差。连接完毕后,应进行接头压力测试,测试压力需为1.5倍工作压力<sup>[5]</sup>。

所有设备安装完毕后,需统一检测安装精度。具体而言,电磁流量计需用水平仪,检测电机轴线水平度;智能井盖需用水平尺和塞尺,检测路面和井盖的高差;液位传感器需用水准仪测量安装高度;预支泵站需用铅垂线和全站仪检测垂直度。

## 2. 电气安装工艺

电气安装包括线缆敷设与接地系统安装等环节。其中,动力线缆和信号线缆穿管时应互相区分,不同线缆应保持至少300mm的间距,线缆用屏蔽双绞线。埋地线缆外管材质可选择镀锌钢,外管壁厚不低于2.5mm,以不低于700mm的标准控制敷设深度。若埋地线缆需要穿过道路,为避免道路荷载损伤管道,埋深应进一步加深,不低于1200mm。接地系统安装时,应以不低于4Ω的标准控制接地电阻值,环形接地网可采用镀锌扁钢敷设,若接地极为垂直敷设,长度至少2.5m。

## 3. 防水和防腐工艺

智能化排水管网安装应注重防水与防腐处理。防水处理是因为大量智能化设备需要避免与水接触,防止设备失灵。实践中,可选择不锈钢作为接线盒材质,并选择氟橡胶密封,以不低于

IP68的标准控制防水等级。此外,金属构件可采用多层防腐方式,提高防腐等级,面层防腐材料为聚氨酯,中间层防腐材料为环氧云铁,底层防腐材料为环氧富锌,整体防腐材料厚度需不低于0.2mm<sup>[6]</sup>。

## (三) 验收环节

智能化排水管网安装完毕后,应做好管网设备调试,明确设备是否能够正常工作。以传感器为例,流量计可通过便携式超声波流量计比对,水质传感器可通过标准溶液标定。智能阀门调试课通过自动或手动开关测试,限位开关动作误差需不超过1%,行程时间需不超过30s。单机调试完毕后,需进行系统整体联调。数据传输测试重点包括数据是否一致,以及无线通信模块是否可实现正常工作。其中,数据一致性需保证监控中心和现场设备数据误差不超过1%。若5G模块信息延迟不超过50ms,带宽不低于10Mbps,LoRa丢包率不超过1%,传输距离不低于2km,即证明无线通信模块一切正常。泵站测试时,如果泵站液位接近上限,10s之内,水泵应具备自动启动功能,若液位比下限更低,5s之内,水泵应自动停止。雨水调蓄池测试时,若降雨量不低于每小时50mm,60s内,调蓄池闸门应自动开启<sup>[7]</sup>。如果所有设备持续30d均能保持良好运行状态,且控制响应时间不超过30s,数据上传成功率不低于99%,设备完好率不低于98%,即表明设备安装质量达标。

验收时,若发现安装存在异常情况,应当对原因进行分析,并针对性解决。若传感器信号无法正常接收,可能因为线缆屏蔽异常,或接头密封性较差,应控制压接头质量,并增加防水胶含量,保障密封效果。若流量计数据有明显波动,可能因为水流不稳定,或直管段数量不足,可在条件允许的情况下将上游直管延长,或增加整流器数量。若泵站无法正常启停,可能因为液位传感器未正常标定,可用标准量筒重新校准,并以不超过5mm的标准控制误差。若智能井盖有异常报警情况,可能因为倾角传感器垂直度不符合标准,可用水平仪对误差进行校准,以不超过0.5°标准控制误差<sup>[8]</sup>。

## (四) 运维环节

智能化排水管网运维环节,需定期做好校准。不同设备校准期限、方法和要求,都存在一定差异。其中,水质传感器需每隔3个月进行一次校准,可通过标准溶液标定,测量值和标准值偏差不能超过8%;通信模块需每隔6个月进行一次校准,可通过传输速率和信号强度测试,误码率需低于10<sup>-6</sup>;电磁流量计需每隔12个月进行一次校准,可依照标准流量池比对,误差率不能超过0.8%<sup>[9]</sup>。

# 三、智能化排水管网建设质量管理技术与管理创新方向

技术方面,可通过无损检测、边缘计算、云端协同等技术实现创新。无损检测可通过地质雷达,对管道基础沉降进行检测,或采用声波探伤仪对焊口缺陷进行检测,检出率不能低于98%。边缘计算和云端协同技术支持的监测技术,能够对无效数据进行



过滤，例如水流波动产生的噪声，保证向云端上传的数据均为有效数据。

管理方面，可通过质量追溯体系与全过程数字化监理，实现管理模式创新。前者集合区块链技术，对设备各个环节，包括采购、安装、验收、调试等数据进行详细记录，实现质量问题可追溯，直接锁定质量责任人。后者可基于 APP 功能，实现闭环管理，可大幅缩短质量问题整改时限<sup>[10]</sup>。

## 四、结束语

综上所述，本文讨论了设计环节、施工环节、验收环节、运

维环节等道路排水管网智能化建设质量管理要点，且提出了智能化排水管网建设质量管理技术与管理创新方向。每一环节都需要结合相关标准要求，保证质量达标，伴随数字技术的发展，未来智能化排水管网的质量管理也会逐步创新，成为推动排水管网智能化的重要力量。

## 参考文献

[1] 胡蓉华. 市政工程组合式排管装配化施工技术 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术, 2024(9): 53-56.

[2] 张健丽. 城市化进程对城市给排水管网工程建设的影响及对策分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2024(10): 59-63.

[3] 李晓焕. 浅谈湛江市徐闻县南山镇那屯村污水处理设施及配套管网设计 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024(9): 39-43.

[4] 刘梅梅. 基于 GIS 技术的呼和浩特市排水管网设计研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024(10): 73-77.

[5] 任建飞. 机电安装工程安全风险管理中大数据技术的应用研究 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2024(8): 159-162.

[6] 林世奎. 市政道路排水管道施工技术难题及发展方向 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术, 2024(2): 74-77.

[7] 叶龙威, 张德坤. 浅析城市供水管网改造施工 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022(5): 141-144.

[8] 杜经纬, 王昊, 王浩, 廖卫红. 短历时雨型对城市排水管网运行状态影响研究 [J]. 人民长江, 2023, 54(4): 108-113.

[9] 杨荣达, 明廷富. 市政工程给排水管网建设中存在的问题和对策 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术, 2022(3): 147-150.

[10] 杨旭. 智能化技术在污水处理工程施工安全管理中的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(4): 157-159.

# 输配电及其用电工程的自动化运行维护

邓立辉<sup>1</sup>, 朱芮峰<sup>2</sup>, 赵殿勇<sup>2</sup>

1. 白山鑫泰电力工程实业有限责任公司, 吉林 白山 134300

2. 国网吉林省电力有限公司白山市城郊供电公司, 吉林 白山 134300

DOI:10.61369/UAID.2024100007

**摘要：**随着机电设备应用的日益普及，对于电力企业供电服务的质量也有了更高的要求，如何保证电力供应的可靠性以及用电的安全性，也成为了一个重要的问题。自动化运行维护技术的有效应用，是解决这一问题的可行策略，而在输配电及其用电工程自动化运行维护技术的应用中，还需要把握好多方面的要点，以发挥出自动化运行维护技术的应用优势，促进电力企业供电服务水平的提升。基于此，本文对输配电及其用电工程的自动化运行维护进行分析。

**关键词：**输配电及其用电工程；自动化运行；维护

## Automatic Operation and Maintenance of Power Transmission and Distribution Projects

Deng Lihui<sup>1</sup>, Zhu Ruifeng<sup>2</sup>, Zhao Dianyong<sup>2</sup>

1. Baishan Xintai Electric Power Engineering Industrial Co., Ltd. Baishan, Jilin 134300

2. State Grid Jilin Electric Power Co., Ltd. Baishan City Suburban Power Supply Company, Baishan, Jilin 134300

**Abstract：**with the increasing popularity of the application of mechanical and electrical equipment, there are higher requirements for the quality of power supply service in power enterprises. How to ensure the reliability of power supply and the safety of power consumption has also become an important issue. The effective application of automatic operation and maintenance technology is a feasible strategy to solve this problem. In the application of automatic operation and maintenance technology in power transmission and distribution projects, it is also necessary to grasp the key points in many aspects, so as to give full play to the application advantages of automatic operation and maintenance technology and promote the improvement of power supply service level of power enterprises. Based on this, this paper analyzes the automatic operation and maintenance of power transmission and distribution projects.

**Keywords：**power transmission and distribution and power consumption engineering; automatic operation; maintenance

## 引言

在目前我国社会和经济快速进步和发展的同时，人们的生活水平也有了极大的提高，而人们生产和生活中用电设备数量的增多，也使得我国社会的用电负荷在不断增加，给电电及其用电工程自动化运行维护过程中的问题来采取相应的运行维护措施来解决问题并提高此工程的整体自动化水平。

## 一、自动化运行技术在输配电及用电工程中的应用优势

### （一）进一步优化输配电环节，减少能源损耗问题发生

自动化运行技术的应用，改进了输配电及用电工程传统运行模式的效率不高、参数分析不及时以及故障处理效率低等缺陷，真正实现电力系统传输的智能化、自动化控制<sup>[1]</sup>。而且可以自动优化传输效率，实时监控设备以及电网线路等，使电力系统高效、

稳定的运行，减少由于传输过程中出现严重的电力能源消耗问题，在满足社会发展对于电能基本需求的前提下，也是实现供电企业投资效益最大化的重要举措<sup>[2]</sup>。同时，减少电能消耗符合可持续发展观，是电力事业得以持续健康发展的重要理念与支撑。

### （二）实现对电力系统的运作的实时监控

实施自动化运行技术的实时跟踪，员工快速识别供电系统的运行细节和潜在隐患，从而在第一时间有效处理故障，确保供电系统运行无故障点。采纳自动化实施措施，便于工作人员实时

监控供电系统的参数与状态，巧妙驾驭电力输送部件，进而稳固了电力传输的稳定性与供电品质的坚实可靠性<sup>[3]</sup>。

### （三）及时将电力系统中的故障消除，确保电力出输电环节的运作效率

自动化技术的应用显著提升了工作人员对故障的发现能力，甚至可实现部分小故障的自动修复，进而显著提升了输配环节的运行效率，降低电能消耗及故障损失。依偎在自动运行系统的温馨怀抱之中，数据被清晰呈现、精确锁定并细致分析，进而揭示故障根源，与技术伙伴携手克服技术挑战。故障预防和处理构成了电力输配环节的坚实基础，是其构成的基本构成部分的组成部分。

## 二、运维过程中存在的问题

### （一）复合型技术不成熟

当前，国内输配电网中，自动化运维技术还比较欠缺，复合型技术不能满足需要。和世界发达国家相比，我国电力自动化技术相对落后，发展时间比较晚，复合型技术不够成熟，不能很好地将其运用于电力工程中。随着我国经济的发展，人们生活水平不断提高，用电量不断增大，给输配电网带来了较大的压力，对复合型技术提出了更高的要求<sup>[4]</sup>。而目前复合型技术跟不上电力发展步伐，还需要加强研究和开发。

### （二）不够重视自动化技术

我国电力企业中科学管理意识还比较欠缺，对电力配网的管理还比较传统，不够重视先进技术的引入。在配电网中还有着许多传统的输配电方式，没有积极进行更新，这在一定程度上限制了自动化技术的发展，限制了自动化技术在输配电网中的运用，限制了自动化技术的推广力度。

### （三）运行资源消耗过大的问题

在目前输配电及其用电工程的自动化运行中资源消耗过大的原因，主要是由于目前自动化运行中的相关工作人员还没有完全掌握相关专业技术，导致在自动化运行和操作过程中出现问题而影响电力系统的正常运行，还会导致电能消耗以及资源消耗的增加<sup>[5]</sup>。虽然经过上述介绍之后得出自动化技术在此工程中的应用具有提高整体工作效率等诸多优势，但是在目前的输配电及其用电工程中完全实现自动化的工作还比较少，也就是表现出自动化技术的应用存在相对落后的问题。此外还表现在负荷点和电源点的分布中存在不够合理的问题，这也是导致电源在远距离运输中出现大量电源浪费问题的原因，不仅导致城镇居民生产和生活的电能需求无法被满足，而且也增加了电力运输过程中的成本消耗。

## 三、输配电及其用电工程的自动化运行维护策略

### （一）提升技术研发和技术维护工作之间的衔接

当前，全面解析输配电技术理论框架的精髓，切不可忽视人员参与的核心价值，务必让研究基础深究，集中精力于技术前沿

的核心板块，挖掘个人研究的核心亮点。在工作领域，应着重凸显个人在组织照拂中的核心地位，强化技术研发过程中对数据资源的精准性与有效性<sup>[6]</sup>。研发应集中力量对组织关键职能的自动化技术进行审查与维护。严格恪守数据资源的充足与精确的双重标准，强化输配电网络运行管理的稳固后盾。必须确保输配电流程无阻拦，必须实施并执行高效维护与管控策略，达成输配电技术管理的全面整合目标。在技术革新的征途上攀登新高峰，需敏锐感知新时代自动化技术发展的趋势，适应于输配电系统全面管理的需求，独领风骚。

### （二）提高电力人员管理水平

深入挖掘输配电技术的潜力矿脉，需对输配电团队的管理与技术实力进行全面提升，重点对管理人员和电力工程施工人员实施自动化技术教育，推动自动化技术的普及与快速扩散。积极适应电力系统对自动化技术的采纳趋势，电力管理人员亟需对技术与方法论进行革新升级，精确感知科技前沿的最新脉动，精通高效管理法则，深度挖掘员工潜能，持续优化员工在电力工程实践中的作业表现。

### （三）构建设备应急处理方案

设备安全隐患排查工作圆满结束后，设备将应用于工程建设，显著提高工程建设的质量与效率。设备管理部门依据地区设备使用状况进行考量，匠心独运地设计了一套周全的安全隐患预防体系。着手实施设备安全隐患应急处理框架的构建步骤，务必对每一个相关因素进行深入剖析，严格筛选核心突破关键节点。探讨设备运行环境及紧急故障应对体系的核心组成部分，周全制定应急处理策略与操作步骤，以防止设备使用过程中突发故障导致无法及时采取排险措施，预防安全风险蔓延。在构思如何应对设备安全隐患的关键时刻，务必细致挖掘施工场地设备安全管理的方方面面，着力提升应对突发状况的实战本领，对突发设备故障的应急处理预案进行深度强化。设备运维部门需精心规划详尽蓝图，实战模拟必须周期性实施，强化运维人员应对紧急设备问题的实战实战实战技巧，坚定把握设备潜在隐患的脉搏，进而大幅增强施工设备的运行表现力。

### （四）建立智能巡检系统

在输配电及其用电工程中，建立智能巡检系统是实现自动化运行维护的重要举措，传统的人工巡检方式存在巡检周期长、效率低、信息采集不全等问题，难以满足当前电力系统对高可靠性和智能化管理的需求，智能巡检系统通过集成传感器、图像识别、红外测温、局放检测等技术，能够对输变电设备进行实时状态监测与数据采集，极大提高了巡检的全面性与精确性，例如利用无人机巡检线路，可快速获取高空设备图像并进行智能分析，识别故障隐患；而变电站内部则可采用机器人代替人工巡检，实现全天候、高频次、高精度的监控，通过构建数字化巡检网络，系统能够将数据实时上传至云平台，便于后续大数据分析与故障研判，从而提升电力设备的运行安全和管理效率<sup>[9]</sup>。智能巡检系统还能与配电自动化系统深度融合，实现从“被动响应”到“主动预测”的运维转型，通过对历史巡检数据、设备运行参数和环境信息的持续分析，系统可构建设备健康状态模型，提前预警潜

在异常，避免突发故障影响供电稳定，维护人员可根据预警信息有针对性地开展检修工作，显著提高资源利用效率，与此同时智能巡检系统支持多终端信息同步展示，调度中心、维保人员与管理层可实时掌握一线运行状态，形成协同响应机制。

（五）推行远程集中监控

在输配电及其用电工程中，推行远程集中监控是提升系统自动化运行水平的重要手段，该策略依托现代通信技术与信息化平台，打破了传统运维模式对人工现场值守的依赖，实现对电力系统各环节的远程、实时、统一管理，通过在变电站、配电房及关键输电节点部署智能终端设备，采集电压、电流、负载、温度、开关状态等运行参数，并将数据传输至主控中心，使得运维人员能够远程掌握设备运行状况、执行远程控制命令，极大提高了管理效率与响应速度，例如调度人员可以在系统平台上一键查看多个区域配电站的运行工况，必要时可远程切除故障线路、调整供电方案，从而有效降低人为操作延迟和现场检修压力<sup>[10]</sup>。与此同时，远程集中监控还能与调度自动化、能效管理、故障诊断等系统融合，构建智慧电网的运行中枢，通过集中平台的可视化界面和智能分析模块，系统可实时识别用电异常、设备异常及负荷波动趋势，提前预警潜在风险，辅助决策者进行科学调度与精准检修，例如在高峰时段系统能根据实时负荷分布，动态调整负荷转移方案，避免过载运行；在突发故障情况下系统则可快速定位故障点并自动下达处置命令，实现故障快速隔离与恢复供电。

（六）实施设备状态感知

在输配电及其用电工程中，实施设备状态感知是实现自动化运行维护的核心策略之一，该策略通过在电力设备上部署多种传感器（如温度、电流、电压、振动、局部放电等），实现对关键运行参数的实时监测与数据采集，使设备从“静态管理”转变为“动态感知”，传统维护依赖定期人工巡检与经验判断，存在监测盲区 and 响应滞后等问题，而状态感知技术则能实现全天候、不间断监控，动态反映设备运行健康状态，例如变压器可通过温度和负载监测识别过载运行风险；开关设备通过局部放电检测技术发现绝缘缺陷隐患。通过这些数据的实时采集与上传，系统可以及时掌握设备微小变化，为故障预测和预防性维护提供数据支撑。设备状态感知技术还能与智能诊断平台、专家系统或 AI 算法结合，形成闭环的健康管理体系，系统可对采集的运行数据进行趋势分析、特征识别和模型比对，判断设备是否处于异常状态，并

评估其故障概率和剩余寿命，进而指导运维人员开展差异化、精准化维护。与传统“定期检修”模式相比，状态感知推动“按需运维”成为可能，既提高了设备使用效率，又显著降低了不必要的维护成本，在配电自动化系统中，这种状态感知还可实现与调度联动，一旦某设备即将发生异常，系统可自动调整供电路径，提前进行隔离与负荷转移，有效保障供电连续性与电网稳定性。

（七）强化数据融合分析

在输配电及其用电工程中，强化数据融合分析是提升运行维护智能化水平的关键举措，现代电网运行涉及大量数据，包括电流、电压、温度、负载、电能质量、设备告警信息、运维记录等，这些数据来源多样、格式复杂、更新频繁。若无法进行有效整合与分析，海量数据将难以转化为实际价值，数据融合分析通过整合来自不同系统（如 SCADA、DMS、EMS、GIS 等）的异构数据，并利用大数据平台进行统一管理和清洗，打通信息孤岛，实现数据的集中化、结构化和高效利用，系统通过构建融合模型可以实现对设备运行状态、负荷变化趋势、故障演化路径的多维度解析，从而增强输配电系统的预测能力与决策支持水平。强化数据融合分析还为智能运维策略提供强有力的技术支撑，系统借助机器学习、关联规则挖掘、深度学习等算法能够从历史数据中提取故障特征、优化巡检路径、预测设备老化趋势，并生成个性化的维护计划，实现从“经验驱动”向“数据驱动”的运维模式转型，例如通过分析过去的故障数据与气象信息可构建输电线路易故障区域的风险热力图，提前部署应急资源；结合能耗监测与负载预测，系统还能优化用电调度，降低峰谷差，提高能效，融合分析还能与数字孪生平台对接，构建虚拟仿真系统，实时反映物理系统状态，支持运行模拟与应急演练。

四、结束语

由于全球化时代的发展，电力资源在未来经济市场的发展面临较严峻的考验和机遇。只有有效的提高和利用现代智能化技术，才能够促进电力资源在输配电及用电工程方面的改革。只有这样才能够进一步降低电力资源的生产成本，

从而保证用户用电的安全水平，促进企业的经济效益，为电力输送的稳定发展奠定了基础。

参考文献

[1] 凌华保. 配电自动化系统安全运行分析 [J]. 中国新技术新产品, 2018 (24): 144-145.  
[2] 梁树彬. 输配电及用电工程自动化运行的探究 [J]. 通讯世界, 2018, 25 (12): 172-173.  
[3] 郑树阳. 浅析电力工程输配电与用电工程自动化运行技术 [J]. 智能城市, 2018, 4 (23): 140-141.  
[4] 安宗成. 输配电及其用电工程的自动化运行维护研究 [J]. 自动化应用, 2023, 64(S02): 169-171.  
[5] 韦敬. 输配电及其用电工程的自动化运行维护分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(1): 4.  
[6] 罗程程. 输配电工程存在的问题及自动化运行维护分析 [J]. 通讯世界, 2024, 31(5): 118-120.  
[7] 刘剑. 智能技术在电气工程自动化控制中的应用探讨 [J]. 中国设备工程, 2023, (24): 37-39.  
[8] 何康. 自动化技术在输配电及用电工程中的应用探析 [J]. 数码设计, 2024: 111-113.  
[9] 李伟. 输配电及用电工程的自动化运行维护技术的研究 [J]. 家电维修, 2024(9): 83-85.  
[10] 赵黎沁. 用电工程自动化运行及其输配电分析 [J]. 科学与信息化, 2024(21): 107-109.



# 市政给排水工程全生命周期成本控制分析

刘俊<sup>1</sup>, 张辉<sup>2</sup>

1. 山东华德市政工程集团有限公司, 山东 青岛 266000

2. 青岛安博劳务工程有限公司, 山东 青岛 266000

DOI:10.61369/UAID.2024100009

**摘要：** 本文系统分析了市政给排水工程规划设计期、施工建设期、运营维护期及更新改造与报废期的全生命周期过程，深入剖析直接成本与间接成本构成，针对性提出各阶段成本控制策略与方法。旨在为市政给排水工程全生命周期成本控制提供理论参考与实践指导，助力降低项目成本，提高资源利用效率。

**关键词：** 市政给排水工程；全生命周期；成本控制

## Analysis of Life Cycle Cost Control in Municipal Water Supply and Drainage Engineering

Liu Jun<sup>1</sup>, Zhang Hui<sup>2</sup>

1. Shandong Huade Municipal Engineering Group Co., Ltd. Qingdao, Shandong 266000

2. Qingdao Anbo Labor Engineering Co., Ltd. Qingdao, Shandong 266000

**Abstract：** This paper systematically analyzes the entire life cycle process of municipal water supply and drainage engineering, including planning and design, construction, operation and maintenance, renovation and scrap periods. It provides an in-depth examination of both direct and indirect costs and proposes targeted cost control strategies and methods for each stage. The aim is to offer theoretical references and practical guidance for life cycle cost control in municipal water supply and drainage engineering, helping to reduce project costs and improve resource utilization efficiency.

**Keywords：** municipal water supply and drainage engineering; full life cycle; cost control

## 引言

传统的市政给排水工程建设与管理往往聚焦于施工阶段的成本控制，忽视项目全生命周期的系统性规划，导致工程出现前期规划不合理、运营维护成本居高不下、资源浪费严重等问题，不仅增加了政府财政负担，也制约了城市基础设施建设的高质量发展。在“双碳”目标与精细化管理的政策导向下，市政给排水工程面临着降低能耗、提升效率、优化资源配置的新挑战。全生命周期成本控制理念的引入，打破了传统分段式管理的局限，强调从规划设计、施工建设到运营维护、更新改造的全过程成本统筹。通过对各阶段成本构成的深度剖析与科学管控，能够有效避免因决策失误、管理粗放引发的成本失控，实现工程经济效益与社会效益的最大化。本文深入探讨市政给排水工程全生命周期成本控制策略与方法，旨在为行业提供一套系统、科学的成本管理框架，助力解决工程建设与运营中的成本痛点。

## 一、市政给排水工程全生命周期解析

### （一）规划设计期

市政工程建设具有涉及范围广、社会影响大的特点，因此必须从城市政治经济发展的宏观角度出发，充分参考区域环境、施工条件以及工程施工对市民生活的影响，深入研究项目的合理性后再进行决策。传统造价控制理论普遍重视招投标阶段和施工阶段的造价管理工作，但近年来的调查资料显示，项目决策与初步设计影响工程投资额的可能性在75% ~ 90%左右，可见项目前期规划是否可行对工程造价的决定性作用<sup>[1]</sup>。规划设计期对市政给排水工程全生命周期成本控制起着关键的前置性影响，城市水

资源规划与给排水需求预测需充分结合城市人口增长趋势、产业布局调整等因素，精准判断给排水规模，防止过度规划造成资源闲置浪费或规划不足导致后续反复扩建增加成本。管网布局优化方面，要综合考虑地形地貌、地质条件以及现有基础设施分布情况，科学规划管网走向与布局，最大程度减少管网铺设长度与施工难度，降低建设成本<sup>[2]</sup>。在设计环节，工艺技术方案选型需对比不同处理工艺在初期投资与长期运行成本上的差异，权衡利弊选择最优方案；设备选型则应兼顾设备性能、采购价格以及后期维护成本，避免因盲目追求高性能而忽视成本因素。

### （二）施工建设期

施工建设期的成本构成较为复杂，材料成本受市场价格波动

影响显著，管材、管件、设备等采购费用在总成本中占比较大。人工成本与施工工期长短、人员工作效率紧密相关，合理安排施工人员数量与工作任务，提高施工效率，能有效控制人工成本支出。机械成本涵盖施工设备租赁、使用及维护费用，合理调配设备使用，做好设备维护保养，可降低机械成本。施工建设期成本控制的关键在于优化施工组织设计，通过合理安排施工顺序、科学规划施工进度，避免出现窝工、返工现象；同时要严格把控工程变更管理，规范变更审批流程，减少因工程变更产生的额外成本<sup>[3]</sup>。

### （三）运营维护期

运营维护期是市政给排水工程成本持续支出的阶段，能耗成本主要来源于水泵、污水处理设备等运行过程中的电力消耗，通过技术手段提高设备能效、优化运行参数，可降低能耗成本。药剂成本涉及水处理过程中添加的各类药剂费用，合理控制药剂使用量、选择性价比高的药剂产品，有助于节约成本。设备维护成本包括定期检修、零部件更换等费用，建立科学的设备维护计划，及时发现并处理设备故障，能延长设备使用寿命，降低维护成本。在运营维护期，可通过智能化监测设备运行状态，实现设备运行管理的节能降耗；同时合理配置运营维护人员数量，加强人员操作技能培训与管理，提高人员工作效率，从而降低运营维护成本<sup>[4]</sup>。

### （四）更新改造与报废期

更新改造与报废期的成本控制围绕设施的后续处置展开，当出现技术更新换代，老旧设备与落后工艺无法满足当前需求时，或是设施因老化损坏严重，修复成本过高时，就需要进行更新改造。在更新改造前，需深入分析不同改造方案的成本效益，选择最经济合理的方案<sup>[5]</sup>。对于达到使用寿命或失去使用价值的设施，进行报废处理时，要依据科学的评估标准判断设施剩余使用价值与维护成本，确定是否报废。在报废设施处理过程中，规范报废设备、材料的回收流程，实现资源再利用，既能降低处置成本，又符合环保要求。

## 二、全生命周期成本构成剖析

### （一）直接成本

直接成本是市政给排水工程全生命周期中可直接计入项目成本的部分，具有直观性与可计量性。工程建设成本作为直接成本的重要组成，贯穿规划设计期与施工建设期，涵盖从项目前期调研、可行性研究，到设计方案落地、材料设备采购、施工建设全过程的费用支出。其中材料设备采购占据较大比重，不同材质、规格的管材，性能各异的给排水设备，其价格差异直接影响工程成本。施工建设过程中的人工费用、机械租赁与使用费用，也会因施工工艺复杂程度、工期长短而产生波动<sup>[6]</sup>。运营成本则主要体现在运营维护期，是维持工程正常运转的持续性支出。能源消耗成本如水泵运行、污水处理设备运转所需的电力，药剂成本在水质净化处理环节的投入，设备维护成本包括日常检修、零部件更换，以及人员工资福利等，这些成本随着工程运行时间的延长

持续累加，对工程全生命周期成本控制有着重要影响。

### （二）间接成本

间接成本虽不直接构成工程实体，但与项目建设、运营紧密相关，是不容忽视的成本组成部分。管理成本贯穿工程全生命周期，涉及项目管理团队组建、人员培训、办公场地租赁、行政办公费用等。科学的管理架构与高效的管理流程能降低管理成本，反之则可能导致资源浪费、效率低下，增加管理成本支出。社会环境成本具有潜在性与长期性特点。市政给排水工程建设施工可能对周边环境造成破坏，如施工噪音污染、土壤与水体破坏，由此产生环境修复成本；工程运营过程中若出现污水泄漏、水质不达标等情况，引发社会负面效应与后续治理成本；此外工程建设对周边居民生活、交通产生的影响，可能带来的补偿成本等，这些都属于社会环境成本范畴，对工程全生命周期成本控制形成挑战<sup>[7]</sup>。

## 三、成本控制策略与方法

### （一）规划设计阶段

规划设计阶段是市政给排水工程成本控制的“先行棋”，其决策质量直接奠定项目全生命周期成本基础。在前期筹备中，需构建多维度数据收集体系，除城市人口增长、产业发展规划等宏观数据外，还应深入调研区域地质条件、现有管网布局缺陷、历史用水高峰数据等，运用数学模型与大数据分析技术，精准预测未来 10-20 年给排水需求。例如通过构建灰色预测模型，可有效预测城市扩张过程中的用水缺口，避免因规划滞后导致的二次管网扩建成本<sup>[8]</sup>。在方案设计环节，建立系统性比选机制，组织技术、经济、环境领域专家，从技术可行性、全生命周期成本、环境友好性等六个维度对不同方案进行量化评分。以污水处理厂工艺选型为例，对比传统活性污泥法与新型 MBR 膜处理工艺，前者建设成本低但占地面积大、能耗高，后者虽初期投资高，但运行成本低、出水水质优。通过价值工程分析，可确定与项目定位匹配的最优方案。同时引入 BIM（建筑信息模型）技术进行管线综合设计，提前规避设计冲突，减少施工阶段因设计缺陷导致的成本浪费。

此外建立“业主 - 设计单位 - 造价咨询”三方协同机制，要求设计单位在每个设计节点提交成本概算，通过限额设计将工程造价控制在合理区间。如某城市新区给排水管网设计中，通过严格的成本反馈机制，将管网铺设成本降低 12%，同时保证设计方案满足防洪排涝与供水安全需求。

### （二）施工建设阶段

施工建设阶段作为成本投入的“主战场”，需构建全方位、动态化的成本管控体系。在招标管理环节，推行“资格预审 + 技术标评审 + 商务标比价”的三维评标模式，重点考察施工单位的技术实力、类似项目业绩及成本控制能力。通过建立供应商数据库，引入电子招标平台，实现材料设备采购的阳光化与透明化。某市政管网工程通过公开招标，将 PE 管材采购成本降低 15%，同时与优质供应商签订长期战略合作协议，锁定材料价格波动风

险。施工过程中,运用 Project、Primavera 等项目管理软件进行进度模拟与资源优化配置,制定精细化的施工进度计划,将关键线路工期压缩 5%~8%。建立“日巡查、周例会、月结算”的现场管理制度,严格控制工程变更。对于必要变更,需由施工、监理、业主三方联合进行成本效益评估,通过变更台账系统实时跟踪变更成本<sup>[9]</sup>。如某污水处理厂建设中,通过严格的变更管理,将工程变更成本控制在合同价的 3% 以内,远低于行业平均水平。同时引入物联网技术构建智慧工地管理系统,对施工机械运行状态、材料消耗、人员工时等数据进行实时采集与分析。通过智能电表监测设备能耗,结合施工进度调整设备运行参数,实现节能降耗;利用地磅称重系统与 BIM 模型联动,实时监控材料用量,避免超额浪费。

### (三) 运营维护阶段

运营维护阶段的成本控制需从“被动维修”转向“主动管理”,构建智能化、精细化的运维体系。引入智慧水务管理平台,通过物联网传感器实时监测水泵流量、压力、水质等参数,运用机器学习算法建立设备运行模型,预测设备故障并自动生成维护计划。某城市供水公司通过该系统,将水泵能耗降低 18%,设备故障率下降 30%。建立全生命周期设备管理档案,采用“预防性维护+状态检修”相结合的模式,对关键设备实施定期检测与性能评估<sup>[10]</sup>。例如对污水处理厂的曝气系统进行在线监测,根据溶解氧浓度自动调节曝气量,在保证处理效果的同时降低能耗。推行“一人多岗、一岗多能”的复合型人才培养模式,通过定期技能培训与绩效考核,优化人员配置。某中型污水处理厂通过人员整合,将运营人员数量减少 20%,人均劳动生产率提升 35%。

积极探索新技术应用,如采用纳米陶瓷涂层技术延长管道使用寿命,使用生物酶制剂替代传统化学药剂降低污水处理成本。建立能耗成本对标体系,与行业先进水平对比分析,定期发布节能降耗专项报告,持续优化运营成本。

### (四) 更新改造与报废阶段

更新改造与报废阶段的成本控制核心在于科学决策与资源再

利用,建立设施健康度评估模型,从设备运行效率、维修频率、能耗指标等八个维度进行量化评分,设定预警阈值,当设施评分低于阈值时启动更新改造程序。例如对使用超过 15 年的铸铁管网进行评估,通过非开挖检测技术确定管网破损程度,制定针对性改造方案,避免盲目更新造成的成本浪费。对于更新改造项目,开展全生命周期成本分析,采用净现值(NPV)、内部收益率(IRR)等经济评价指标,对比不同改造方案的投入产出比。如某污水处理厂提标改造项目,通过方案比选,采用“生物滤池+深度处理”工艺,虽然初期投资增加 20%,但运行成本降低 30%,项目投资回收期缩短 2 年。

在报废处置环节,建立报废资产拍卖平台,通过公开竞价方式选择回收单位,提高资产处置收益。对报废管材、设备进行分类拆解,将可再利用部件纳入供应商循环体系,实现资源再利用。某城市排水公司通过规范报废流程,将报废资产处置收益提升 40%,同时降低了废弃物处理成本。此外建立项目后评价制度,系统总结成本控制经验教训,为后续项目提供数据支撑与管理借鉴。

## 四、结束语

市政给排水工程全生命周期成本控制是一项贯穿项目各阶段的系统性工程,本文通过对规划设计、施工建设、运营维护及更新改造与报废阶段的深入解析,揭示了不同阶段成本构成的特点与影响因素,并针对性地提出了成本控制策略与方法。从规划设计期的源头把控,到施工建设期的动态管理,再到运营维护期的智能化转型和更新报废期的科学决策,各环节相互关联、层层递进,共同构建起完整的成本控制体系。研究成果表明,全生命周期成本控制理念的应用,能够有效降低市政给排水工程的总体成本,提升资源利用效率,实现经济效益与社会效益的平衡。

## 参考文献

- [1] 张萍,潘建中.市政给排水工程的造价控制及其要点分析[J].中国城市经济,2011,(14):68.
- [2] 都晶冬,郑天.论市政给排水工程造价控制与管理的措施[J].城市建筑,2012,(09):16+26.DOI:10.19892/j.cnki.csjz.2012.09.007.
- [3] 郭雨.浅论市政给排水工程造价控制与管理[J].江西建材,2016,(14):246+249.
- [4] 潘鸿.市政给排水工程造价管理要点探微[J].江西建材,2016,(15):249+254.
- [5] 夏俊芳,江彩霞.市政给排水工程造价控制与管理的措施探析[J].住宅与房地产,2017,(03):40.
- [6] 郝婧.市政给排水项目的工程造价分析[J].山西建筑,2018,44(06):220-222.DOI:10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2018.06.118.
- [7] 刘金栋.市政给排水工程施工成本管理与控制分析探讨[J].黑龙江科技信息,2016,(02):259.
- [8] 陈源峰.市政给排水工程造价控制与管理措施探讨[C]//中国智慧城市经济专家委员会.2023年智慧城市建设论坛深圳分论坛论文集.广西钦州北投环保水务有限公司,2023:120-122.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.027174.
- [9] 阙开松.探讨市政给排水工程造价管理与控制方法[J].大众标准化,2020,(04):28-29.
- [10] 张祖建.市政给排水工程造价控制与管理的措施探析[J].居舍,2019,(26):155+128.

# 长江上游滑坡堰塞体溃决机理研究

冯雨实

重庆城市职业学院, 重庆 402160

DOI:10.61369/UAID.2024100010

**摘要：**长江上游地区因其复杂的地质构造和频繁的地质灾害活动，成为我国滑坡堰塞体形成与溃决的高发区域。本文系统梳理了长江上游滑坡堰塞体的形成背景、溃决模式与机理、影响因素、模拟方法与应急处置技术的研究进展。通过分析唐家山、红石岩、白格等典型案例，揭示了漫顶溃决、渗透破坏和坝体失稳三种主要溃决模式的内在机制，阐述了物质组成、结构特征和水文条件对溃决过程的关键影响。文章详细评述了物理模型试验、数值模拟和原型观测等技术手段在溃决机理研究中的应用现状，总结了基于DB-IWHR模型等现代技术的应急处置方法，并提出了当前研究中存在的挑战与未来发展方向，为长江上游滑坡堰塞体的风险评估与防灾减灾提供理论支撑。

**关键词：**长江上游；滑坡；堰塞体；机理研究

## Study on the Breach Mechanism of Landslide-Dammed Lakes in the Upper Reaches of the Yangtze River

Feng Yushi

Chongqing City Vocational College, Chongqing 402160

**Abstract：**Due to its complex geological structure and frequent geological disaster activities, the upper reaches of the Yangtze River have become a high-incidence area for the formation and breach of landslide-dammed lakes in China. This paper systematically summarizes the research progress on the formation background, breach modes and mechanisms, influencing factors, simulation methods, and emergency response techniques of landslide-dammed lakes in the upper reaches of the Yangtze River. Through the analysis of typical cases such as Tangjiashan, Hongshiyuan, and Baige, it reveals the inherent mechanisms of three main breach modes: overtopping breach, seepage failure, and dam instability. It expounds on the critical influence of material composition, structural characteristics, and hydrological conditions on the breach process. The article provides a detailed review of the current application status of technical means such as physical model testing, numerical simulation, and prototype observation in the study of breach mechanisms. It summarizes modern emergency response methods based on models like the DB-IWHR and highlights the challenges and future development directions in current research. This provides theoretical support for risk assessment and disaster prevention and mitigation of landslide-dammed lakes in the upper reaches of the Yangtze River.

**Keywords：**upper reaches of the Yangtze River; landslide; dammed lake; mechanism research

### 引言：研究背景与意义

长江上游地区地处青藏高原东缘向四川盆地的过渡带<sup>[1]</sup>，地质构造复杂，新构造运动强烈，地震活动频繁，加之降水丰沛，使得该区域成为我国滑坡、泥石流等地质灾害的高发区<sup>[2]</sup>。历史上，这一地区曾多次发生大型滑坡堵塞江河形成堰塞体的事件，如1786年康定—泸定大地震引发的大渡河堰塞湖溃决、1933年叠溪地震形成的堰塞湖群、2000年易贡滑坡堰塞坝以及2008年汶川地震触发的唐家山堰塞湖等。这些堰塞体一旦溃决，往往引发灾难性洪水，对下游人民生命财产和基础设施构成严重威胁<sup>[3]</sup>。

滑坡堰塞体是由滑坡、崩塌等地质灾害物质快速堆积堵塞河道形成的天然坝体<sup>[4]</sup>，与人工土石坝相比，其结构松散、未经压实、缺乏防渗和泄洪设施，稳定性极差。据统计，全球约93%的滑坡堰塞体在形成后一年内会发生溃决，其中又有34%在24小时内即告失稳。长江上游地区的滑坡堰塞体因其特殊的形成环境和物质组成，具有溃决速度快、破坏力强的特点。例如，2008年汶川地震形成的唐家山堰塞湖，从开始漫顶到完全溃决仅用了约30小时，峰值流量达到6500 m<sup>3</sup>/s；2018年金沙江白格堰塞湖两次溃决，第二次溃决时峰

资助项目：重庆市教育委员会科学技术研究计划青年项目 KJQN202203911。

作者简介：冯雨实（1981—），男，汉族，吉林省长春市人，硕士研究生，副教授，现就职重庆城市职业学院，土木建筑。



值流量高达31000 m<sup>3</sup>/s，给下游沿岸带来巨大防洪压力。

本文基于大量文献资料和典型案例分析，系统梳理长江上游滑坡堰塞体溃决机理的研究现状，总结溃决模式与关键影响因素，评述现有研究方法与技术手段，探讨应急处置措施的效果与优化方向，并提出未来研究的重点领域，以期为该地区的滑坡堰塞体风险防控提供科学参考。

## 一、滑坡堰塞体的基本特性与形成条件

长江上游地区的滑坡堰塞体具有独特的地质环境背景和形态结构特征，这些特性直接影响其稳定性和溃决行为。该区域横跨第一、二级地形阶梯，地形高差悬殊，河谷深切，岸坡陡峻，为大型滑坡提供了有利的地形条件。岩性上以坚硬的岩浆岩和变质岩为主，经历长期构造运动和风化作用后，岩体破碎，节理裂隙发育，在强震或强降雨条件下极易发生大规模滑坡。统计表明，长江上游滑坡堰塞体主要分布在金沙江、雅砻江、大渡河、岷江等干支流的中上游河段，这些区域同时具备陡峭的地形、破碎的岩性和频繁的触发因素三大基本条件。

形态特征方面，长江上游的滑坡堰塞体通常规模较大。以唐家山堰塞体为例<sup>[6]</sup>，其顺河向长度达803m，横河向宽度约612m，最大高度约124m，体积约2037万 m<sup>3</sup>；红石岩堰塞体顺河向平均宽度262m，横河向平均长度301m，高度83–96m，体积约1200万 m<sup>3</sup>；而2018年白格堰塞体体积更是高达3000万 m<sup>3</sup>。这些堰塞体的几何形态多不规则，坝顶宽度变化大（如唐家山堰塞体顶宽仅17m），上下游坡比差异显著（红石岩堰塞体上游坡比约1:2.5，下游坡比约1:5.5）。这种非均匀的形态特征导致其在库水作用下的应力分布复杂，容易产生局部破坏。

长江上游滑坡堰塞体的形成条件具有鲜明的地域特色。强震是该区域大型堰塞体形成的主要触发因素，2008年汶川地震直接造成了至少256处规模不一的堰塞湖，其中唐家山、小岗剑等34处被列为高危堰塞湖。暴雨和持续降雨则是另一重要诱因，如2018年金沙江白格滑坡就是在雨季末期发生的<sup>[6]</sup>。值得注意的是，近年来随着极端气候事件增多，长江上游堰塞体的发生频率呈上升趋势，加之该区域水电开发密集，堰塞体对梯级水电站的连锁影响尤为突出<sup>[7]</sup>。

长江上游滑坡堰塞体具有规模大、物质组成复杂、结构松散和稳定性差等特点，这些特性与其特定的地质地理环境和触发机制密切相关。深入理解这些基本特性是研究其溃决机理的重要基础，也为后续的风险评估和应急处置提供了关键参数依据。

## 二、溃决模式与机理分析

滑坡堰塞体的溃决过程表现出复杂的多模式特征，其内在机理涉及水力学作用与岩土体响应的强烈耦合。基于长江上游典型案例的系统分析，研究者们逐渐识别出三种主要的溃决模式：漫

顶溃决、渗透破坏和坝体失稳。这些模式可能单独发生，也可能相互交织、先后触发，共同决定堰塞体的最终溃决形式和灾害规模。

漫顶溃决是长江上游滑坡堰塞体最常见的破坏形式，约占历史案例的50%以上。当入库水量持续增加导致库水位超过坝顶高程时，水流漫过堰塞体顶部形成冲刷，进而引发溃决。唐家山堰塞湖的溃决过程是典型的漫顶冲刷案例：2008年6月7日开始开挖引流槽，槽底高程740m；至6月10日1时30分，湖水位上涨至743.1m开始漫顶；初期水流速度约2.3–2.9m/s，对应剪应力20–30Pa；随着冲刷加深，流速增至4.9m/s，剪应力达80Pa；最终在12时36分达到峰值流量6500m<sup>3</sup>/s。分析表明，该过程的溃决机理可分为四个阶段：(1)初始渗流阶段—库水通过堰塞体内部孔隙渗透，局部可能形成管涌但未贯通；(2)表面冲刷阶段—漫顶水流开始侵蚀坝顶松散物质，形成初始沟槽；(3)剧烈下切阶段—水流集中冲刷导致沟槽快速下切，两侧边坡因失去支撑而发生周期性坍塌；(4)平衡稳定阶段—溃口扩大到一定程度后，水流能量分散，冲刷与堆积达到动态平衡。红石岩堰塞体的物理模型试验显示，漫顶溃决过程中溃口展宽速度约为1.43mm/s，而唐家山案例的反演分析表明槽底平均侵蚀速率约0.5mm/s，这些参数对预测溃决进程具有重要价值。

多模式耦合是复杂堰塞体溃决的突出特点。长江上游许多大型堰塞体往往经历多种破坏模式的交替或叠加作用。例如，红石岩堰塞体在实际处置过程中同时表现出漫顶冲刷和内部渗透特征：一方面，开挖的引流槽（深8m，宽5m）引导水流集中下切；另一方面，堰塞体内存在的渗透通道加速了细颗粒流失。通过耦合水力学模型和边坡稳定分析，再现了这一复杂过程：初始阶段以漫顶冲刷为主，当下切到一定深度后，两侧边坡的渗透压力增大，导致局部滑塌加速溃口扩展。这种多场耦合作用使得单一模式的预测模型往往低估实际溃决速度，因此发展综合分析方法成为当前研究重点。

## 三、溃决影响因素研究

滑坡堰塞体的溃决过程受到多因素综合影响，这些因素既包括堰塞体自身的物质组成与结构特性，也涉及外部水文条件与地质环境。深入分析这些影响因素及其相互作用机制，是准确预测溃决过程和制定有效防控措施的科学基础。长江上游地区的堰塞

体因其特殊的形成环境和物质来源，在这些影响因素方面表现出鲜明的地域特色。

物质组成是决定堰塞体溃决行为的内在关键因素。长江上游堰塞体的物质组成普遍具有宽级配特征，但不同案例间存在显著差异。唐家山堰塞体的颗粒分析显示，其粒径分布范围跨越6个数量级（从毫米级的细粒到米级的巨型块石），其中细粒（ $<2\text{mm}$ ）含量约20%，这种组成使其既容易发生渗透破坏，又具有一定的抗冲刷能力。相比之下，2018年金沙江白格堰塞体的块石含量更高（ $>50\text{cm}$ 的颗粒占60%以上），细粒物质不足10%，因此其渗透性更好，降低了管涌风险，但同时也因结构松散而更容易发生整体滑动。王琳等<sup>[8]</sup>通过室内试验系统研究了颗粒组成对溃决模式的影响，发现当细粒（ $<0.075\text{mm}$ ）含量超过30%时，堰塞体主要发生渗透破坏；细粒含量在15%–30%之间时，漫顶冲刷占主导；而细粒低于15%时，则可能出现突发性整体失稳。这些阈值指标为预判长江上游堰塞体的溃决模式提供了重要依据<sup>[9]</sup>。

地震活动作为长江上游地区的特色触发因素，对堰塞体稳定性有持续影响<sup>[10–11]</sup>。2008年汶川地震后，唐家山堰塞体区域记录到余震上千次，其中4级以上余震就达60多次。这些余震不仅可能直接引发坝体裂缝和局部滑塌，还会通过振动使颗粒重新排列，增加密实度，产生看似矛盾的双重效应。现场观测发现，唐家山堰塞体在5.9级余震后表面沉降达20cm，但同时渗透系数降低了约30%。这种复杂响应使得地震活跃区的堰塞体稳定性评估尤为困难，目前尚缺乏可靠的定量模型加以描述。

人类干预作为特殊影响因素，在现代堰塞体处置中扮演着越来越重要的角色<sup>[12]</sup>。长江上游近年来的重大堰塞体事件几乎都采取了应急工程措施，如唐家山开挖了深13m、宽8m的引流槽，红石岩开挖了深8m、宽5m的泄流槽。这些措施显著改变了自然溃决过程：一方面，人工泄流降低了库水位上升速度，延长了预警时间；另一方面，集中冲刷又可能加速局部溃口发展。通过对比分析发现，开挖引流槽可使唐家山堰塞体的峰值流量降低12.6%（从 $9343\text{ m}^3/\text{s}$ 降至 $8170\text{ m}^3/\text{s}$ ），溃决库容减少36.5%（从3.14亿 $\text{m}^3$ 降至2.0亿 $\text{m}^3$ ），但同时使溃决时间提前约1.5小时。这种工程干预效应的定量评估，是长江上游堰塞体研究的重要课题。

长江上游滑坡堰塞体的溃决过程受到多因素交织影响，这些因素之间还存在复杂的交互作用。例如，细粒含量高的堰塞体在持续降雨条件下更容易发生渗透破坏，而块石为主的堰塞体则对地震震动更为敏感。目前的研究虽然已经识别出主要影响因素，但在定量表征这些因素的耦合效应方面仍有不足，特别是对于人类干预与自然过程的相互作用机制认识有限。未来需要发展更加系统化的影响因素分析框架，建立考虑多因素耦合的溃决预测模型，以提升长江上游堰塞体灾害的风险评估水平<sup>[13]</sup>。

## 四、研究方法与技术进展

滑坡堰塞体溃决研究方法的进步为深入理解其溃决机理提供了坚实基础<sup>[14–15]</sup>。近年来，针对长江上游堰塞体的特殊性和复杂性，研究者们发展了一系列物理模型试验、数值模拟技术和现场监测方法，形成了多尺度、多手段的综合研究体系。这些方法各有优势又互为补充，共同推动着溃决机理研究的深化和实用化。

物理模型试验是揭示溃决机理的直观手段，尤其适用于研究颗粒组成与溃决模式的关联性。长江上游堰塞体的模型试验面临尺度效应挑战，为解决这一问题，研究者们发展了多种创新方法。王兆印<sup>[16]</sup>团队设计的大型水槽试验（比尺1:50–1:100）采用原型相似材料，通过调整黏土含量（10%–30%）模拟不同堰塞体组成，观测到细粒含量高于20%时渗透破坏占主导，低于15%时则以漫顶冲刷为主。周公旦等<sup>[17]</sup>针对梯级堰塞体的连锁溃决现象，构建了串联水槽系统，发现上游溃决洪水可使下游堰塞体的溃决峰值流量放大1.3–1.8倍，这一结果为长江上游梯级风险评估提供了重要参数。

方法集成与交叉验证是当前研究的重要趋势，未来，随着5G传输、AI分析和无人机测绘等技术的发展，长江上游堰塞体研究将迈向更智能化的实时模拟–预警体系。长江上游滑坡堰塞体的研究方法已从早期的经验类比发展到现在的多学科交叉融合，形成了具有区域特色的技术体系。物理模型试验在揭示机理方面不可替代，数值模拟技术为应急决策提供了实用工具，而现场监测数据的积累不断推动着理论的完善。下一步需要重点突破尺度效应难题，发展能够兼顾计算精度和速度的新型模型，并加强多源数据的同化融合，以全面提升对长江上游这一特殊地质环境中堰塞体溃决机理的认识水平和预测能力。

## 五、应急处置案例分析

长江上游地区作为滑坡堰塞体灾害的高发区域，近年来积累了丰富的应急处置经验，形成了一系列具有中国特色的抢险技术和方法。通过剖析典型案例的处置过程与技术措施，可以深入理解理论研究成果如何转化为实践应用，并为未来类似事件提供宝贵参考。本部分重点分析唐家山、红石岩和白格三个具有代表性的堰塞体应急处置案例<sup>[18–19]</sup>，比较其处置策略与技术成效。

唐家山堰塞体（2008年汶川地震触发）是国内外最为人们所知的高风险堰塞湖案例，其应急处置体现了“主动泄流、控制溃决”的核心思想。该堰塞体高82–124m，库容3.26亿 $\text{m}^3$ ，直接威胁下游130万人口的安全。处置方案经过多轮比选，最终确定“以开挖泄流槽为主，配合爆破扩槽”的技术路线。工程实施面临极端困难：地形险要（坡陡达 $70^\circ$ ），天气恶劣（余震和降雨不断），

设备运输困难（最终动用米-26直升机吊运大型设备）。抢险队伍在7天内完成了梯形泄流槽开挖（长475m，底宽8m，深13m），槽底高程降至740m，比原坝顶低15m。监测数据显示，泄流槽使漫顶时间推迟了8天，峰值流量从预估的9343 m<sup>3</sup>/s降至实际6500 m<sup>3</sup>/s，降幅达30%。陈祖煜团队<sup>[20]</sup>的事后反演表明，泄流

槽改变了溃决模式：自然状态下溃口将发展至151m宽，而实际为145m；同时下泄库容从3.14亿 m<sup>3</sup>减少至2.3亿 m<sup>3</sup>，显著降低了洪水风险。该案例的成功创造了世界堰塞湖处置的典范，其经验被纳入《堰塞湖风险等级划分标准》（SL450-2009）。

## 参考文献

- [1] 刘延国, 邹强, 逯亚峰, 等. 青藏高原东缘地形急变流域生态水文分区研究 [J]. 水利学报, 2022, 53(02): 243-252.
- [2] 孙清元, 郑万模, 倪化勇. 我国西南地区山地灾害灾情年际综合评估 [J]. 沉积与特提斯地质, 2007, (03): 105-107.
- [3] 何浩波, 吕定勋, 彭克喜, 等. 滑坡碎屑流堵江形成过程的模型试验研究 [J]. 贵州科学, 2023, 41(03): 84-87.
- [4] 石振明, 张公鼎, 彭铭, 等. 非均质结构堰塞坝溃决机理模型试验 [J]. 工程科学与技术, 2023, 55(01): 129-140.
- [5] 邓宏艳, 孔纪名, 王成华. 不同成因类型堰塞湖的应急处置措施比较 [J]. 山地学报, 2011, 29(04): 505-510.
- [6] 陈祖煜, 雷盼, 张强, 等. 白格堰塞体风险后评估——再次堵江洪水分析和应对措施 [J]. 水利规划与设计, 2020, (01): 1-5+48.
- [7] 鄢勇. 梯级水电站面临堰塞湖灾害时应对措施研究 [J]. 四川水力发电, 2021, 40(04): 87-90.
- [8] 王琳, 苑鹏飞, 钟启明, 等. 基于溃决机理的堰塞湖溃决快速风险评估方法研究 [J]. 自然灾害学报, 2024, 33(01): 51-62.DOI: 10.13577/j.jnd.2024.0105.
- [9] 彭勃, 杨剑. 基于干扰理论下的汶川地震灾区生态环境演变研究——以唐家山堰塞湖片区为例 [J]. 四川建筑科学研究, 2015, 41(01): 191-194.
- [10] 李鹏. 堰塞体结构快速探测与稳定性监测关键技术与装备. 湖北省, 长江地球物理探测 (武汉) 有限公司, 2023-11-09.
- [11] 赵哲苇, 李家欢, 李文伟, 等. 基于系统可靠度理论的堰塞坝边坡稳定性评价 [J]. 粉煤灰综合利用, 2022, 36(05): 9-14+86.
- [12] 周招, 杨启贵, 蔡耀军, 等. 堰塞湖风险处置研究现状与展望 [J]. 人民长江, 2024, 55(04): 9-18.DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2024.04.002.
- [13] 蔡耀军, 栾约生, 易杜靓子, 等. 堰塞体危险性快速评价指标与分级研究 [J]. 人民长江, 2022, 53(02): 35-40.
- [14] 钟启明, 陈生水, 单熠博. 考虑材料冲刷性沿深度变化的堰塞体漫顶溃决模拟 [J]. 人民长江, 2020, 51(01): 180-186.
- [15] 王琳, 张润宇, 苑鹏飞, 等. 基于径向基网络的堰塞体溃决峰值流量预测研究 [J]. 水力发电学报, 2024, 43(05): 68-79.
- [16] 蒋先刚, 崔鹏, 王兆印, 等. 堰塞坝溃口下切过程试验研究 [J]. 四川大学学报 (工程科学版), 2016, 48(04): 38-44.
- [17] 陈华勇, 崔鹏, 唐金波, 等. 堵塞坝溃决对上游来流及堵塞模式的响应 [J]. 水利学报, 2013, 44(10): 1148-1157.DOI: 10.13243/j.cnki.slxb.2013.10.001.
- [18] 蔡耀军, 徐复兴, 朱萌, 等. 金沙江白格滑坡残留体失稳堵江风险分析 [J]. 工程科学与技术, 2021, 53(06): 33-42.DOI: 10.15961/j.jsuese.202100608.
- [19] 孙黎明. 高山峡谷区滑坡堰塞体快速感知与模拟计算方法研究：以白格堰塞湖为例 [J]. 水利水电技术 (中英文), 2021, 52(07): 44-52.
- [20] 李相南, 陈祖煜. 两种溃坝模型在唐家山堰塞湖溃决模拟中的对比 [J]. 水利水电科技进展, 2017, 37(02): 20-26.

# 某三甲综合医院照明设计探讨

郭金茹

中国中元国际工程有限公司，北京 100089

DOI:10.61369/UAID.2024100014

**摘要：** 根据医疗建筑相关的设计标准和工程实践情况，介绍医院照明系统中的照度标准、照明光源及灯具选择、照明配电与控制等技术问题。本文从功能分区特性出发，系统详细介绍医院典型场所病房、病房走道、医疗净化区域、医疗防护屏蔽区域等照明设计，以期为类似项目提供参考。

**关键词：** 医院；照明；照明光源及灯具；照明配电；照明控制

## Discussion on the Lighting Design of A Grade III Level A General Hospital

Guo Jinru

China IPPR International Engineering Corporation, Beijing 100089

**Abstract：** Based on the design standards and engineering practices related to medical buildings, this article introduces technical issues in hospital lighting systems, including illuminance standards, selection of lighting sources and fixtures, as well as lighting distribution and control. This article systematically and in detail introduces the lighting design for typical hospital areas such as wards, ward corridors, medical purification areas, and medical protective shielding areas, aiming to provide references for similar projects.

**Keywords：** hospital; lighting; lighting sources and fixtures; lighting distribution; lighting control

### 引言

医院是医护人员救治病患、保障人民健康的核心场所。医院不同于一般的公共建筑，其内部各医疗功能区均具有明确的医疗功能属性和特殊环境要求，对照明系统的安全性、功能性和舒适性有着严格的标准<sup>[1]</sup>。医院照明设计需以医疗功能实现、患者康复促进、医护操作安全为核心目标。本文以某三级甲等综合医院建设工程为例，探讨其照明系统的专业化设计。

### 一、医院照明相关要求

医疗综合楼照明设计需要考虑不同功能房间的防电磁干扰、防水、洁净等各种因素。本文将根据照明种类、照度标准、照明光源及灯具几个方面分别做探讨分析。

#### （一）照明种类

医院建筑照明有以下照明种类<sup>[1][2]</sup>。其适用原则应符合下列规定：

##### 1. 正常照明

保证医院日常诊疗、护理及运营所需的基础照明系统。提供充足亮度、均匀照度和适宜色温，确保医疗操作精准性和人员活动安全性。

##### 2. 应急照明

在电力故障、火灾等紧急情况下，提供临时照明和指引，保障人员安全疏散、重要设备运行及关键医疗操作的照明系统。应急照明包括疏散照明、安全照明、备用照明。

（1）疏散照明：助于识别安全出口和疏散通道使用的应急照

明，如走廊、楼梯间、安全出口、避难间、门诊大厅等，以及抢救室、手术室等需要救援人员协助疏散的区域，以及变配电室等火灾时仍需坚持工作值守的场所。

（2）安全照明：保障处于潜在危险设施之中的人员安全所设置的照明，在正常照明失效的瞬间，需要迅速在安全照明的作用下做出应急反应。如手术室、抢救室、重症监护室应设置安全照明<sup>[2]</sup>。

（3）备用照明：维持正常活动行为继续进行的场所设置的应急照明。医院备用照明分为医疗场所的备用照明和火灾时仍需工作场所的备用照明。医院设置备用照明的场所有，重症监护室、化验室、药房、血库以及急诊通道等需确保医疗工作正常进行的场所<sup>[2]</sup>。对于火灾时继续工作场所的备用照明，如消防控制室等火灾时仍需坚持工作的场所。

##### 3. 值班照明

医院内非工作时间便于巡视检查等设置的照明。如病房内和护理单元通道宜设有夜间照明<sup>[2]</sup>。值班照明可利用部分或全部的正常走道照明或应急照明，但需独立控制，控制开关设置在护士



站，由值班人员统一控制。

4.障碍照明

根据《建筑环境通用规范》GB 55016-2021的第3.1.3.4条，在可能危及航行安全的建（构）筑物上，应设置障碍照明<sup>[3]</sup>。

5.医用标识照明

医用标识照明是为患者、医护人员以及其他访客提供清晰、准确的引导和信息提示，以保障医疗场所的高效运行和人员安全。规范 JGJ 312-2013的第8.6.3条有具体规定，急诊、急诊通道应有标识照明；医用高能射线、医用核素等诊疗设备的扫描室、治疗室等涉及射线防护安全的机房入口处，应设置红色工作标识灯，且标识灯的开关应设置在设备操纵台上。

（二）照度标准

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021和《建筑照明设计标准》GB/T 50034-2024对医院照度做了要求，如表1所示。

表1 医院建筑照度标准值

房间名称	照度标准（lx）	照明功率密度限值的目标值（W/m²）	参考平面及其高度（m）
治疗室、诊室	300	≤ 6.5	工作面0.75
化验室、实验室	500	≤ 9.5	工作面0.75
护士站	300	≤ 6.5	工作面0.75
药房	500	≤ 9.5	工作面0.75
候诊室、挂号厅	200	≤ 4.0	地面
病房	200	≤ 4.0	地面
走廊、休息室	100	≤ 3.0	地面

《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309-2018和《建筑防火通用规范》GB 55037-2022 对消防应急疏散照明的照度做了规定，医院疏散照明的最低照度要求如表2所示。

表2 医院建筑典型场所及其地面水平最低照度表

设置场所	照度（lx）
病房楼或手术部避难间；老年人照料设施；老年照料设施、病房楼或手术部内部的楼梯间、前室或合用前室、避难走道	≥ 10.0
医院手术室及重症监护室等病人行动不便的病房等需要救援人员协助疏散的区域	≥ 5.0

规范 GB 55016-2021对医院的安全照明和备用照明的照度均做出具体要求：正常照明失效可能使患者处于潜在生命危险中的专用医疗场所，安全照明的照度应为正常照明的照度值。正常照明失效可能危及生命安全，需继续正常工作的医疗场所，备用照明应维持正常照明的照度值。关于医院值班照明的照度，规范 JGJ 312-2013要求，病床床头部位的夜间照明照度宜小于0.1lx，儿科病房床头部位的夜间照明照度宜为1.0 lx。

（三）照明光源及灯具

1.光源的选择

医院建筑的照明光源选择需综合考虑不同科室的功能需求、患者舒适度、医疗操作准确性以及维护成本等因素，具有较高的功能性要求，其光源的选择应满足提高照明质量，有利于环保的要求<sup>[4]</sup>。

LED光源技术的日趋成熟，尤其是在国家大力倡导绿色照明

的大背景下，LED光源的优势已逐渐凸显。LED灯具具有发光效率高、使用寿命长、发热量低、防潮抗震动、环保节能、调光方便、维护费用低等优点。本工程选用 LED灯为主要光源。

2.灯具的选择和布置

根据不同场所的环境条件和功能要求，医院的典型场所采用以下灯具<sup>[5]</sup>：

病房：一般照明选用嵌入式带罩灯具，灯具安装位置不宜居中，避免卧床患者产生眩光。还应设置床头局部照明，采用一床一灯一控制。此外，在病房卫生间内或门旁位置距地面0.3m，走道间隔8m设置壁嵌式地脚灯。

护理单元通道：宜选用带乳白色罩嵌入式灯具，灯具安装位置不宜居中，可布置在走道两侧，顶部侧面出光。避免对平躺床上的患者通过走道时产生眩光和因直接强光加重患者紧张、焦虑的情绪。

洁净房间（如手术室、新生儿病房、烧伤病房等洁净场所）：采用满足洁净等级要求的密闭洁净灯，灯具结构能便于清扫和更换。且应采取防静电措施，防止静电吸附尘埃。灯具的安装不应影响清洁空气的方向和流速，避免产生乱流和涡流。灯具宜为吸顶明装，当嵌入暗装时，应做好安装缝隙的密封措施。

防护屏蔽房间（如 CT室、MRI室、核医学室等需要电磁屏蔽场所）：应采用铜、铝、工程塑料等非磁性材料，灯具采取电磁屏蔽措施。此类检查房间，大型医技设备通常设于房间中部，为避免患者检查产生眩光和便于灯具维护检修，宜安装于医技设备两侧的走道上方。

特殊环境房间：对于消毒供应中心、病理解剖室、洗消间、洗衣房等具有潮湿和蒸汽等潮湿场所，应采用密闭防潮灯；对于UPS电池间、柴油发电机储油间等爆炸危险等场所，应采用防爆型灯具<sup>[6]</sup>。

二、照明配电设计

本工程为三级甲等医院，从市政引两路10kV电源供电，两路电源同时工作，互为备用。根据《建筑电气与智能化通用规范》GB55024-2022和规范 JGJ 312-2013的规定，进行医院照明配电设计，照明负荷分级及供电措施如下表3。

表3 医院建筑照明负荷分级及供电措施

负荷等级	照明负荷名称	供电措施
特级负荷	急诊抢救室、产房、重症监护室、早产儿室、血液透析室、手术室等场所涉及患者生命安全的照明；航空障碍照明	双重电源+柴发+UPS
一级负荷	消防照明	双重电源+柴发
	急诊诊室、急诊观察室及处置室、放射治疗室、核医学室、影像科等场所的照明	双重电源
	门诊医技、病房楼的走道照明	
二级负荷	肢体伤残康复病房照明	双重或单电源
三级负荷	其他一般照明	单电源

### 三、照明控制设计

根据医院不同区域和时段，合理的设计照明控制形式，实现准确调节照明强度和模式，为医院营造舒适、高效、节能的照明环境<sup>[7]</sup>。

#### （一）传统翘板控制

此方式操作简单直观，成本较低，适用于对控制要求不高，如医院的部分储物间、杂物房、设备机房等使用频率较低的区域，以及设置局部照明的区域。

#### （二）自动感应控制

感应控制主要通过红外、声波、光线、雷达感应控制器等，完成就地感应控制，通过自动开关或调光实现节能控制。对于医院病房楼的楼梯间，考虑病人等人员在灯光明暗转换期间易发生踏空等安全事故，不宜采用就地感应控制<sup>[4]</sup>。故医院除病房楼的楼梯间外的其余楼梯间、地下车库车位等场所，可采用自动感应控制或集中控制系统，促进场所照明节能<sup>[8]</sup>。

#### （三）集中式智能控制

集中式控制系统通过中央控制器对整个医院的照明设备进行统一管理和控制。中央控制器可根据预设的程序或用户指令，对各区域的照明进行开关、调光、场景切换等操作。该系统通常采用有线通信方式，实现控制器与照明设备之间的信号传输。此方式便于集中管理和控制，可实现大规模的照明系统自动化运行。应用于医院公共区域，如医疗主街、候诊厅、餐厅、地下车库车道、泛光照明等。可根据医院的作息时间、不同区域的功能需求

等设置多种照明场景，如白天模式、夜间模式、节假日模式等，提高照明管理的效率和灵活性<sup>[9]</sup>。

#### （四）分布式智能控制

分布式控制系统由多个相对独立的控制单元组成，每个控制单元负责对局部区域的照明设备进行控制。各控制单元之间通过网络进行通信，实现数据共享和协同工作。分布式控制系统通常采用无线通信技术，减少布线工作，提高系统的灵活性。此控制方式系统的可靠性较高，单个控制单元故障不会影响其他区域的照明控制；具有良好的扩展性，便于根据医院的发展和改造需求增加或调整照明控制区域；安装和维护相对方便，可降低施工和维护成本。此控制方式可应用于检验科、实验室等操作区域，对每个实验台或工作区域进行独立控制，根据不同的实验要求调节照明的亮度、色温等参数。此外，还可设置防眩光灯具和特殊的照明模式，减少光线对实验人员眼睛的刺激，提高实验准确性<sup>[10]</sup>。

### 四、结束语

医院不同功能区需求各有不同，并且要求严格，因此照明设计需要进行全方面的综合分析。本文从照明要求、照明配电、照度控制进行综合分析阐述。未来，随着物联网、数字孪生技术的普及，照明系统将从“预设场景控制”进阶为“动态自适应调节”，值得我们更加深入学习与探讨。

### 参考文献

- [1] 建筑照明设计标准 :GB/T 50034-2024[S]. 北京 : 中国建筑工业出版社 ,2024.
- [2] 医疗建筑电气设计规范 :JGJ 312-2013[S]. 北京 : 中国建筑工业出版社 ,2014.
- [3] 建筑环境通用规范 :GB 55016-2021[S]. 北京 : 中国建筑工业出版社 ,2022.
- [4] 建筑节能与可再生能源利用通用规范 :GB 55015-2021[S]. 北京 : 中国建筑工业出版社 ,2022.
- [5] 建筑电气与智能化通用规范 :GB 55024-2022[S]. 北京 : 中国建筑工业出版社 ,2022.
- [6] 梁汉彬 . 医院照明系统节能设计分析 [J]. 光源与照明 ,2023,(09):38-40.
- [7] 赵广利 , 李永波 , 李乐 . 医院照明系统特性与节能效益 [J]. 自动化应用 ,2023,64(09):254-256.
- [8] 陈晗姿 , 陈勇波 , 赵东旭 , 等 . 医院照明系统节能改造方案及其效果分析 [J]. 中国医院建筑与装备 ,2022,23(07):92-95.
- [9] 韦巍 . 医院照明系统绿色节能改造的策略 [J]. 光源与照明 ,2022,(01):49-51.
- [10] 陈煜州 . 医院照明光环境设计探讨 [J]. 现代建筑电气 ,2021,12(12):36-40..

# 高校计算机实验室中 VMware 虚拟化技术应用分析

李春鹏

长春大学旅游学院, 吉林 长春 130000

DOI:10.61369/UAID.2024100015

**摘要：** 高校计算机实验室面临资源利用率低、实验环境部署周期长等现实问题。VMware 虚拟化技术通过资源池化与模板化镜像技术实现硬件资源整合，但多租户环境下的安全风险与动态调度效率仍需优化。针对高并发场景资源争用、异构实验环境安全防护等关键问题，研究构建智能资源分配模型，设计虚拟防火墙与入侵检测联动机制，形成可量化的技术评价体系，为实验室管理效能提升提供系统性解决方案。

**关键词：** VMware 虚拟化；高校实验室；资源管理；实验环境；安全防护

## Analysis on the Application of VMware Virtualization Technology In University Computer Laboratory

Li Chunpeng

The Tourism College of Changchun University, Changchun, Jilin 130000

**Abstract：** University computer laboratories face practical issues such as low resource utilization and long deployment cycles for experimental environments. VMware virtualization technology achieves hardware resource integration through resource pooling and template-based imaging, but security risks in multi-tenant environments and dynamic scheduling efficiency still need optimization. To address key issues like resource contention in high-concurrency scenarios and security protection in heterogeneous experimental environments, this study develops an intelligent resource allocation model, designs a virtual firewall and intrusion detection linkage mechanism, and establishes a quantifiable technical evaluation system to provide a systematic solution for improving laboratory management efficiency.

**Keywords：** VMware virtualization; university laboratory; resource management; experimental environment; security protection

### 引言

教育信息化2.0行动计划明确提出推进智慧教育创新发展，要求高校实验室建设需适应新一代信息技术变革趋势<sup>[1]</sup>。当前计算机实验室普遍存在物理资源碎片化、实验环境复用率低等问题，制约着新工科人才培养目标的实现。本文从虚拟化技术原理切入，系统分析 VMware 在资源整合、环境部署、安全管理三个维度的应用效能，探讨动态资源调度算法与安全防护体系的构建路径，旨在为高校实验室数字化转型提供可操作性技术方案，促进实验教学资源的高效利用与智能化管理。

### 一、VMware 虚拟化技术原理与高校适用性分析

VMware 虚拟化技术通过分层架构实现物理资源的逻辑抽象与高效利用<sup>[2]</sup>。首先，Hypervisor 层（ESXi 内核）作为核心支撑，直接运行于物理服务器硬件之上，负责对 CPU、内存等资源进行底层调度。该层通过硬件辅助虚拟化技术（如 Intel VT-x）实现指令集转换，确保不同虚拟机（VM）间的资源隔离，这一特性可满足高校实验室多学科并行实验的需求。例如，在网络安全与软件开发课程中，各虚拟机可独立配置操作系统与实验环境，

避免软件冲突。

其次，动态资源分配机制通过分布式资源调度（DRS）实现智能调配。该机制实时监测物理服务器负载状态，当某台服务器 CPU 利用率超过阈值时，系统自动将部分虚拟机迁移至空闲节点。在高校实验室场景中，这一机制有效解决了课程高峰期物理服务器资源紧张的问题。例如，程序设计课程集中上机时段，系统可为高优先级实验任务动态分配更多计算资源，保障教学进程流畅性。

最后，虚拟机管理模块（vCenter Server）提供统一操作界

作者简介：李春鹏（1996.01-），男，汉族，吉林省长春市人，学历：本科，研究方向：计算机科学与技术，现任职称：初级实验员。

面,实现跨设备集群的集中管控。该模块支持模板化部署功能,教师可预置包含特定软件环境的虚拟机镜像,快速生成标准化实验环境。以操作系统原理课程为例,通过调用已配置 Linux 内核开发工具的模板,可将实验环境部署时间从传统物理机的30min缩短至3min,显著提升教学效率。

## 二、高校计算机实验室应用现状与效能评估

### (一) 虚拟化资源池化配置现状

传统物理服务器在高校实验室中存在明显的资源利用率不均衡问题。一方面,CPU资源在课程高峰期常出现超负荷运行,而空闲时段利用率不足30%;另一方面,存储资源分散于不同物理设备,导致跨学科实验数据调用效率低下。VMware虚拟化技术通过资源池化改造,将物理服务器的计算、存储与网络资源整合为统一资源池。例如,某高校实验室采用 vSphere 集群后,CPU 平均利用率提升至65%,存储资源通过分布式虚拟 SAN 实现跨设备共享,软件编译实验的响应速度提升40%。

### (二) 多学科实验环境快速部署能力

模板化镜像技术有效缩短了复杂实验环境的构建周期。第一,教师可预先创建包含特定软件栈的黄金镜像,如 Python 开发环境或 Kali Linux 渗透测试平台。当开展编程实验时,学生通过克隆模板可在5min内获得完整开发环境,相比传统物理机手动安装节约85%时间。第二,快照功能支持实验环境的瞬时还原,网络安全课程在进行漏洞攻防演练后,可通过快照快速恢复初始状态。例如,某次网络协议分析实验中,系统管理员利用模板部署技术同时生成50套实验环境,确保教学进度与实验质量同步。

### (三) 实验室管理效能提升路径

分级权限管理体系与自动化运维工具协同提升管理效能。其一,基于角色的访问控制(RBAC)机制将用户划分为管理员、教师、学生三级权限,有效防止实验配置被误修改。其二,虚拟机快照回滚功能在系统崩溃或软件冲突时,可将实验环境恢复至最近稳定状态,某操作系统实验表明该功能使故障处理时间由平均45min缩短至3min。此外,自动化监控系统实时追踪虚拟机运行状态,当检测到内存泄漏等异常时主动触发告警,为实验室运维提供决策支持。

## 三、VMware 技术应用优化路径与实践策略

### (一) 动态资源调度与负载均衡机制

在 VMware 虚拟化环境中,动态资源调度与负载均衡是保障系统高效运行的关键机制<sup>[3]</sup>。VMware vSphere DRS 通过持续监控集群中各主机的资源使用情况,实现虚拟机的动态迁移和资源的智能分配。此机制主要围绕 CPU、内存、存储和网络带宽等核心资源展开,确保资源利用的最优化和系统性能的均衡性。如图1所示:

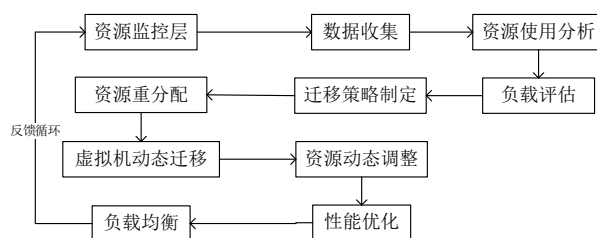


图1: VMware 动态资源调度与负载均衡流程

在实施过程中,动态资源调度采用多层次的调控策略。首先,在资源监控层面,系统通过分布式传感器网络实时采集各节点的资源使用数据,包括CPU使用率、内存占用、I/O负载等关键指标。这些数据经过综合分析后,形成整体资源使用画像,为后续的调度决策提供依据。其次,在决策层面,系统根据预设的资源阈值和性能目标,结合实时监控数据,制定最优化的资源分配方案。这一过程采用智能算法,综合考虑虚拟机的优先级、资源需求特征、历史使用模式等多个因素。当系统检测到资源不均衡或性能瓶颈时,会触发相应的调度机制,通过虚拟机实时迁移或资源重分配来优化系统性能。

在执行层面,VMware的DRS机制支持两种工作模式:自动模式和手动模式。自动模式下,系统可以自主执行虚拟机迁移和资源调整操作;手动模式则需要管理员确认后执行。这种灵活的模式选择确保了系统既能快速响应负载变化,又能保持必要的人工控制。同时,通过设置迁移阈值,可以有效控制迁移频率,避免频繁迁移导致的系统开销。

为提升调度效率,VMware还引入了资源池概念,通过层级化的资源管理结构,实现更精细的资源控制。资源池可以设定预留、限制和份额等参数,确保关键业务获得必要的资源保障,同时防止单个虚拟机过度占用资源。此外,通过设置反亲和性规则,可以强制特定虚拟机运行在不同的物理主机上,提高系统的可用性和故障容错能力。

在网络资源调度方面,通过软件定义网络(SDN)技术,实现了网络资源的动态分配和流量优化。系统可以根据应用需求,动态调整网络带宽分配,并通过智能路由算法优化网络传输路径,确保网络资源的高效利用。同时,通过网络QoS策略,保障关键业务的网络性能需求。

### (二) 异构实验环境安全防护体系

在 VMware 虚拟化异构实验环境中,需要构建多维度、多层次的安全防护体系的<sup>[4]</sup>。此体系主要围绕虚拟化平台安全、网络安全、数据安全三个核心维度展开,通过技术与管理的有机结合,构建全方位的安全屏障。在平台层面,采用基于硬件信任根的可信启动机制,确保虚拟化平台的完整性和可靠性。通过虚拟化安全模块(vTPM)的部署,实现虚拟机度量 and 远程证明,建立可信计算环境。同时,通过细粒度的访问控制策略和权限管理,严格控制管理接口的访问权限,防止未授权操作和特权提升。在网络隔离方面,利用 VMware NSX 等网络虚拟化技术,实现不同安全等级网络的逻辑隔离,并通过微分段技术,将网络细分为独立的安全域,有效控制横向移动风险。



在网络安全防护层面，构建多层次的纵深防御体系<sup>[5]</sup>。首先，通过分布式防火墙，在虚拟机级别实现精细化的访问控制，基于应用识别技术，准确控制应用层通信。其次，部署入侵检测与防御系统 (IDS/IPS)，实时监控网络流量，检测和阻断异常行为和已知攻击特征。通过安全组策略的动态更新，确保防护规则与业务需求的实时匹配。在边界防护方面，采用软件定义边界 (SDP) 技术，实现基于身份的动态访问控制，同时通过 VPN 和加密通道保护跨网络通信的安全性。最后，通过网络行为分析和异常检测系统，建立网络基线，及时发现异常流量和潜在威胁。在病毒防护方面，通过无代理防病毒解决方案，实现对虚拟机的实时保护，同时通过集中化的补丁管理，保持系统的及时更新和漏洞修复。

在数据安全保护方面，采用全生命周期的数据防护策略。通过虚拟机加密技术，实现虚拟机文件、虚拟磁盘和迁移数据的加密保护，确保数据的机密性。在存储层面，通过存储策略管理，实现不同安全等级数据的分级存储和访问控制。通过快照管理和备份策略，建立完善的数据保护机制，支持数据的快速恢复和灾难恢复。针对敏感数据，通过数据防泄漏系统 (DLP)，实现敏感信息的识别、分类和保护，防止数据泄露风险。同时，通过审计日志系统，记录所有关键操作和数据访问行为，支持安全事件的追溯和取证。在数据共享和交换过程中，通过安全网关和数据脱敏技术，确保数据交换的安全性，并通过访问控制矩阵，精确管理数据访问权限。

（三）全生命周期技术评价标准

随着虚拟化技术的不断发展和应用场景的日益复杂，需建立科学、完整的评价体系<sup>[6]</sup>。此评价体系需要覆盖技术应用的全过程，确保每个阶段都能得到有效控制和科学评估。在实践中，通过构建多维度的指标体系，可以全面反映技术应用的效果和价值，如表1所示：

表1：VMware技术全生命周期评价指标

生命周期阶段	评价维度	核心指标	评价方法
规划设计期	技术适配性	架构匹配度；扩展能力；兼容性评级	专家评估；兼容性测试；架构审核
部署实施期	实施效能	部署时效；资源利用率；性能达标率	时间统计；资源监控；性能测试
运行维护期	运维效率	故障恢复时间；系统可用性；运维自动化率	MTTR统计；可用性计算；自动化度量
优化升级期	演进能力	升级成功率；性能提升度；成本收益比	升级评估；性能对比；ROI分析

在运行维护阶段，评价标准更加注重系统的稳定性和可靠性指标。通过建立多维度的性能监控体系，对系统资源使用效率、服务响应时间、业务连续性等关键指标进行量化评估。同时，引入智能运维评价机制，通过对运维自动化水平、问题解决效率、服务质量满意度等指标的考核，推动运维管理的持续优化。此外，还需要建立安全合规评价体系，定期评估系统的安全防护能力和合规达标情况，确保系统运行符合相关规范和标准要求。

在技术演进和优化升级阶段，评价标准着重考察系统的可持续发展能力。通过建立技术更新评估模型，对新技术引入的必要性、可行性和风险性进行综合评估。同时，建立成本效益分析体系，从投资回报率、总体拥有成本、业务价值提升等维度，评估技术升级的经济性和战略价值。通过建立持续改进机制，定期评估技术应用效果，识别优化空间，并制定相应的改进措施，确保 VMware 技术应用始终保持先进性和竞争力。评价标准的执行过程中，注重数据的收集和分析，通过定量与定性相结合的方式，确保评价结果的客观性和科学性，为技术决策提供可靠依据。

四、结语

本研究证实 VMware 虚拟化技术通过资源池化与动态调度机制，可有效提升高校实验室资源利用率与教学响应能力。理论层面，提出的智能资源分配模型突破了传统静态资源配置模式，为虚拟化技术教育应用研究提供了新视角。实践价值体现在实验环境部署效率提升3倍以上，安全防护体系使潜在攻击拦截率超过85%，验证了技术方案的可行性。相较于现有研究侧重硬件虚拟化实现，本文创新性构建全生命周期评价体系，实现技术应用效果的量化评估。未来研究需进一步探索容器技术与虚拟化平台的融合应用，同时加强跨校区实验室资源的云端协同管理，以适应大规模在线实验教学发展需求。

参考文献

[1] 刘文艳, 王珂, 沙飞, 等. 基于虚拟化技术的 VMware Workstation 实验平台在高校计算机实验课程中的应用 [J]. 中国医学教育技术, 2020, 34(4): 4.

[2] 苏娜. VMware 服务器虚拟化技术在高校图书馆服务器管理中的应用及研究 [J]. 电脑知识与技术: 学术版, 2020, 16(8): 3.

[3] 王国兵. VMware 虚拟化技术的校园数据中心建设分析 [J]. 电脑知识与技术: 学术版, 2020, 16(25): 3.

[4] 宋志远. 虚拟化技术在计算机组装与维护项目中的应用研究 [J]. 数字技术与应用, 2021, 39(6): 3.

[5] 陈飞, 付德志, 崔书方, 等. 基于 VMware 虚拟化技术的企业数据中心网络安全架构研究 [J]. 网络安全技术与应用, 2024, (04): 26-29.

[6] 王鹏, 贺雪莉. 基于 VMware 虚拟化技术在高校计算机实验室的应用研究 [J]. 兴义民族师范学院学报, 2024, (05): 109-114.

# 论机电设备安装对工程造价的影响因素与有效控制

赵伟

四川培新建设工程有限公司, 四川 成都 610000

DOI:10.61369/UAID.2024100018

**摘 要：** 随着机电设备的不断发展,大量全新技术和全新工艺应用到实际生产当中,从而对整体工程造价产生较大影响。但是通过分析实际情况可以发现,目前机电设备安装工程造价控制方面仍然存在较多问题,不仅会对机电设备正常安装造成影响,而且还有可能对企业造成严重的经济损失。因此应当对机电设备安装阶段工程造价开展有效控制,大幅度优化资金预算,最终提高经济收益。

**关 键 词：** 机电设备; 工程造价; 经济收益; 资金预算

## On the Influencing Factors and Effective Control of Mechanical and Electrical Equipment Installation on Project Cost

Zhao Wei

Sichuan Peixin Construction Engineering Co., LTD. Chengdu, Sichuan 610000

**Abstract：** With the continuous development of mechanical and electrical equipment, a large number of new technologies and new processes have been applied to actual production, thus having a significant impact on the overall project cost. However, through the analysis of the actual situation, it can be found that there are still many problems in the cost control of mechanical and electrical equipment installation projects at present. This not only affects the normal installation of mechanical and electrical equipment, but also may cause serious economic losses to enterprises. Therefore, the project cost during the installation stage of mechanical and electrical equipment should be effectively controlled, the budget of funds should be significantly optimized, and ultimately the economic benefits should be increased.

**Keywords：** electromechanical equipment; project cost; economic benefit; budget of funds

机电设备安装的成本主要涉及到设备本身费用、设备安装费用以及其他管理费用,如果无法对其展开有效控制,将会大幅度提高运营成本,不利于企业可持续发展,甚至还有可能导致企业出现严重经济损失。

### 一、机电设备安装对工程造价的影响因素

#### (一) 设备规模和复杂性

随着工业的不断发展,机电设备整体规模也变得越来越大。而机电设备按照数量越多,所带来的安装成本也会随之升高,同时还需要投入更多的安装材料和安装人员,进一步增加安装成本。同时,不同的机电设备也有不同的尺寸和重量,尺寸越大,则需要更大的存储空间以及更大的设备进行搬运;重量越大,整体运输成本以及安装难度也会显著升高<sup>[1]</sup>。必要情况下,还需要借助起重机、吊车等大型设备进行安装。在此基础上,部分工程现场较小,无法顺利安装较大尺寸的机电设备。因此需要采用特殊的安装工具以及相应安装辅助设备,从而增加整体安装成本。在机电设备完成安装后,还需要根据实际生产情况完成电缆布线以及管道安装等方面的工作,而上述工作的完成,需要投入大量电气材料以及专业人才,进而提高安装成本。而随着技术

的不断发展,越来越多先进技术应用到机电设备当中,因此安装复杂性会大幅度上升,因此企业需要投入更多资金引进专业技术人员参与安装过程,进而确保机电设备可以正常使用<sup>[2]</sup>。

#### (二) 设备选型和品牌

在机电设备安装之前,企业需要根据自身生产需求选择对应的机电设备,而性能较高的设备由于拥有先进的技术以及大量的功能,从而需要较高的资金投入。同时,机电设备品牌的选择也是成本所在。知名设备品牌往往在质量控制以及制造过程中采用较高标准,而且还具有完善的售后服务机制,能够大幅度提高机电设备的稳定性<sup>[3]</sup>。但是选择知名品牌的机电设备往往需要在设备购置前期投入较多资金,容易给企业造成较大经济负担。在此基础上,机电设备的兼容性也是非常重要的一环<sup>[4]</sup>。企业引进的设备需要充分考虑与现有设备、系统的兼容性,如果引进的设备无法适应现有生产设备以及管理系统,将会使企业投入另一笔巨大资金进行调整。

### （三）工程环境和条件

部分工程项目需要在高温、高压以及有害环境下进行安装，企业在考虑正常设备安装成本以及人力资源成本的同时，还需要采购额外的安全防护设备，进而确保安装工人和机电设备不会受到伤害。同时，如果企业处于山区或者岩石地带，则需要引入相应勘察设备和勘察人员，从而选择合适的地点进行安装。而勘察设备和相关技术人员的引入，也需要企业投入一大笔资金。在此基础上，企业的发展和运营，需要严格遵守国家规定的环境要求以及监管标准<sup>[5]</sup>。而机电设备的安装也不例外，例如在食品生产中安装机电设备，企业需要投入相应资金确保机电设备能够满足卫生、安全方面的要求。在安装完成之后，还需要引入相应的检测设备进行检验。此外，企业在购买设备之后，可能不会在第一时间完成安装，因此需要选择专门的区域存放设备，而且还需要投入资金对机电设备进行保护，进一步提高总体安装成本。

### （四）其他成本投入

部分企业在机电设备安装中会有时间要求，如果工期较为紧迫，则需要划拨专项资金用于加班以及增加施工人力，进而确保机电设备可以在规定时间内完成安装。同时，机电设备供应商的交付时间也是需要考虑成本之一，如果供应商无法在规定时间内交付设备，将会使企业无法顺利开展工作，进而对自身造成一定的经济损失。同时，机电设备的安装需要遵循一定顺序，因此企业在安装之前，需要成立相应技术团队进行计划，并安排相应的团队进行安装，而上述计划成本应当考虑在机电设备整体安装成本中<sup>[6]</sup>。

## 二、机电设备安装工程造价控制方面存在的问题

### （一）预算不准确

通过分析实际情况可以发现，企业在预算编制阶段并未充分考虑安装设备的规格、所需材料类型以及具体施工方法，从而导致预算规划不准确，进而对企业资金结构造成严重冲击。同时，大部分企业在估算设备安装成本时往往只根据现有市场价格进行评估，但是市场价格变化十分迅速，尤其是在长期设备安装项目中，变化较大的市场价格会使企业无法有效应对，进而使企业出现严重经济损失。在此基础上，机电设备安装预算编制需要由了解设备安装的技术人员进行，但是部分企业并未认识到上述问题的重要性，采用缺乏专业知识的人员进行评估，从而导致预算计划中遗漏重要成本，而且还有可能对部分成本做出过高或者过低的判断，最终导致预算编制严重偏离客观事实<sup>[7]</sup>。

### （二）供应链管理不完善

供应商选择对于机电设备安装工程造价控制非常重要，但是目前在选择供应商时仍然缺乏对其能力、信誉以及时效性方面的评估，过于关注价格方面的因素，从而导致企业在机电设备安装过程中产生延迟交货、设备损坏以及其他额外的成本<sup>[8]</sup>。同时，由于多方面因素显著，企业并未与设备供应商建立良好沟通关

系，无法向供应商及时传达设备具体需求，从而导致引进的设备无法适应自身生产需求。另一方面，当企业需要调整交付计划时，也由于缺乏良好沟通渠道而导致供应商无法第一时间获取消息，造成供应商难以在短时间内调整设备制造计划。

## 三、机电设备安装工程造价的有效控制措施

### （一）详细工程规划

在设备安装之前，企业需要根据自身生产需求明确设备安装的功能要求、质量标准以及具体工期要求，从而为后期开展工序安排以及预算优化提供准确的参考方向。具体如图1所示。同时，还需要详细列出机电设备安装所需要的材料种类、规格以及数量，在提高准备效率的同时，也能够及时发现材料准备方面存在的浪费现象，从而进一步控制材料采购成本。有了安装目标作为基础，可以进一步制定详细的施工工序，并确定不同安装阶段所需要的工人数量、技能水平以及具体工时，并进一步安排每一阶段的资源分配情况，以此确保设备安装能够按照预先计划顺利完成<sup>[9]</sup>。随后，可以针对每一阶段的实际情况，准确估算人力、设备、材料以及其他方面的费用，并根据企业实际资金情况设定预算上限。

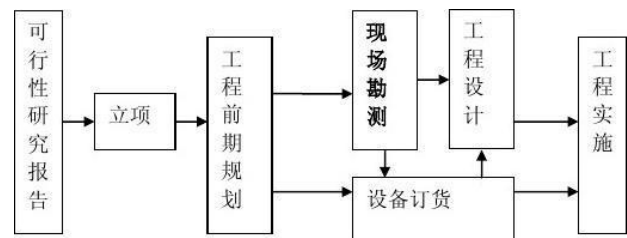


图1 工程规划原理图

### （二）精细的供应链管理

在选择机电设备时，企业需要全面评估供应商的信誉、质量控制、交货准时性以及性价比等多方面因素。而且还需要尽可能选择多家供应商作为备选项，进而确保在紧急情况下能够选择其他供应商，避免对企业的正常生产造成影响。而在安装计划制定完成后，企业应当以此为基础，提前向供应商采购设备安装所需要的材料以及辅助设备，并告知具体交货期限，进而确保设备安装计划可以顺利开展<sup>[10]</sup>。由于机电设备安装也会涉及到大量材料，因此企业应当定期对采购的安装材料进行审查，一方面避免采购过多数量导致资金被占用，另一方面也是需要确保所采购的材料能够满足设备安装需求，进而确保企业不需要付出额外的时间成本。在此基础上，运输成本也是企业不容忽视的重要方面，因此企业应当需要可靠的运输企业达成良好合作关系，确保运输的时效性以及安全性，在避免机电设备受到损坏的同时，提高设备运输速度。而在设备到达企业后，应当结合自身生产需求建立质量检测标准，针对于不合格的设备应当督促供应商进行调整，避免后期产生较高维护成本。具体如图2所示。

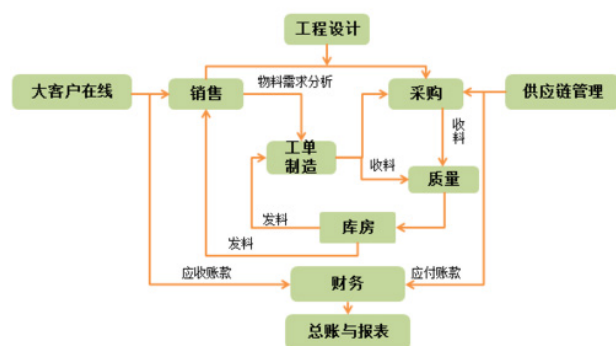


图2 供应商管理图

#### 四、结束语

综上所述,机电设备安装对工程造价的影响因素主要涉及到设备规模和复杂性、设备选型和品牌、工程环境和条件以及其他成本投入。但是通过分析实际情况可以发现,目前对工程造价控制方面,仍然存在预算不准确以及供应链管理不完善等问题,不仅会使机电设备无法在规定时间内完成安装,而且还会对企业资金预算造成影响,严重时还会导致企业出现重大资金损失。因此企业应当从详细工程规划、精细的供应链管理以及资源合理优化等方面开展工作,根据实际情况制定合理安装计划,并以此为基础开展设备以及材料的管理工作。

## 参考文献

- [1] 李瑞新. 建筑工程造价影响因素及控制策略 [J]. 江苏建材, 2024, (01): 145-146.
- [2] 杨燕翔. 机电安装工程成本管控影响因素及措施 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(01): 45-47.
- [3] 余应堂. 高速公路机电设备管理实践探讨 [J]. 中国设备工程, 2024, (01): 42-44.
- [4] 苏奕扬. 建筑机电安装工程的造价管理及成本控制方法 [J]. 低碳世界, 2023, 13(12): 175-177.
- [5] 杨林涛. 工程造价的风险因素及各阶段工程造价审计要点梳理 [J]. 房地产世界, 2023, (22): 102-104.
- [6] 蒋美幸. 建筑工程设计项目过程质量控制方法及应用策略研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (33): 64-66.
- [7] 熊江东, 陈晓华, 毛月雯, 等. 论机电设备安装对工程造价的影响因素与有效控制 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2015, 11(03): 333-334.
- [8] 李海华. 酒店机电设备安装工程造价影响因素及控制策略 [J]. 江西建材, 2021, (09): 338-339.
- [9] 李应强. 机电设备安装工程造价控制的影响因素及对策 [J]. 建材与装饰, 2019, (19): 167-168.
- [10] 曲光军, 刘光阳, 李明辉. 机电设备安装工程造价的控制与管理分析 [J]. 绿色环保建材, 2020, (09): 183-184. DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2020.09.090.



# “一户一宅”政策执行偏差与农村宅基地管理改革

于漫江

恩施州不动产登记中心 湖北 恩施 445000

DOI:10.61369/UAID.2024100019

**摘要：**本研究围绕“一户一宅”政策与农村宅基地管理展开，基于土地公有制与居住权保障理论，结合我国农村土地制度演变历程，阐述该政策出台背景与保障农民居住权益、合理利用土地资源、维护农村社会稳定的重要意义。研究指出，当前政策执行存在超标准占用、“一户多宅”“有户无宅”及“有宅无户”等偏差现象，成因涵盖政策宣传不足、监管机制缺陷、基层执行人员能力薄弱，以及农村传统观念和经济发展需求的干扰。为此，各地开展农村宅基地管理改革实践，通过完善法规体系、强化监管与资源整合、创新模式激发活力等举措，致力于解决执行偏差问题，优化宅基地管理，推动乡村振兴发展。

**关键词：**一户一宅；政策执行偏差；农村宅基地管理；改革

## Deviation in Implementing the "One Household, One Homestead" Policy and Reform of Rural Homestead Management

Yu Manjiang

Enshi Prefecture Real Estate Registration Center, Enshi, Hubei 445000

**Abstract：** This study focuses on the "One Household, One Homestead" policy and rural homestead management. Based on the theory of public land ownership and residential rights protection, combined with the evolution of China's rural land system, it explains the background of the policy and the importance of protecting farmers' residential rights, rational use of land resources, and maintaining rural social stability. The study points out that there are deviations in current policy implementation, such as over-standard occupation, "one household with multiple homesteads", "households without homesteads", and "homesteads without households". The causes include insufficient policy promotion, defects in the regulatory mechanism, weak capabilities of grassroots executives, as well as interference from traditional rural concepts and economic development needs. Therefore, various regions have carried out reforms in rural homestead management, aiming to address implementation deviations, optimize homestead management, and promote rural revitalization and development through measures such as improving the regulatory system, strengthening supervision and resource integration, and innovating models to stimulate vitality.

**Keywords：** One Household, One Homestead; policy implementation deviation; rural homestead management; reform

## 引言

在乡村振兴战略推进的大背景下，农村宅基地管理成为农村发展的关键。宅基地作为农村土地重要部分，其管理成效关乎土地资源配置与利用效率，深刻影响农村经济可持续发展与社会和谐稳定。“一户一宅”政策作为核心管理政策，兼具保障农民居住权益、实现土地集约高效利用的双重目标。它不仅能规范宅基地使用秩序，避免土地浪费与无序开发，还能确保农民基本居住需求，维护农村公平正义。严格落实该政策，可推动农村宅基地合理分配与高效利用，为乡村振兴筑牢土地资源根基，助力农村实现产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕的目标，成为乡村振兴战略落地的重要支撑。

## 一、“一户一宅”政策出台背景与初衷

### （一）“一户一宅”政策相关理论

“一户一宅”政策的理论基础较为深厚。其一，土地公有制

是我国农村土地制度的核心，“一户一宅”政策与之紧密相连。农村土地归集体所有，农民作为集体成员，有权依法取得宅基地使用权，“一户一宅”政策正是在土地公有制框架下，对宅基地分配与使用进行规范的制度安排，以保障集体土地权益的合理实现。

其二,居住权保障理论也是“一户一宅”政策的重要依据。居住权是公民的基本权利之一,在农村地区,“一户一宅”政策通过保障每户农民拥有宅基地,进而为其建造住房提供基础,从而切实保障农民的居住权,体现国家对公民基本权利的尊重与维护<sup>[1]</sup>。

### (二)农村土地制度演变

我国农村土地制度经历了复杂的演变过程。新中国成立初期,通过土地改革,农民获得了土地所有权,包括宅基地所有权。随后,在农业合作化运动中,土地逐渐由农民私有向集体所有转变。到了人民公社时期,农村土地全面实行集体所有制,宅基地也归集体所有,但农民仍保有使用权。在此背景下,“一户一宅”政策开始萌芽,其目的在于保障农民基本的居住需求,确保每户农民都能拥有稳定的居住场所。随着时代发展,尽管农村土地制度在具体形式和管理方式上不断调整,但“一户一宅”政策始终作为农村宅基地分配的基本原则得以坚持和完善,以适应不同时期农村经济社会发展的需求。

### (三)政策目标与意义

“一户一宅”政策具有多重目标与意义,其首要目标在于切实保障农民的居住权益。农民作为农村社会的主体,稳定的居住条件是其基本生活需求,“一户一宅”确保每户农民都能获得宅基地用于建房,满足居住需要。基于保障农民居住权益这一基础,该政策对促进土地资源的合理利用同样至关重要。农村土地资源有限,通过限制每户农民只能拥有一处宅基地,可有效避免土地资源的浪费与无序占用,提高土地利用效率,实现土地资源的优化配置。而在保障居住权益、合理利用土地资源的基础上,“一户一宅”政策对于维护农村社会稳定也发挥着重要作用。公平的宅基地分配制度能够减少因宅基地问题引发的矛盾与纠纷,保障农村社会的和谐稳定,为农村经济发展创造良好的社会环境。“一户一宅”的规范含义较为丰富,在规范逻辑上分三个层次:没有宅基地的村民,可以申请一处宅基地;享有一处宅基地的村民,不可以再申请其他宅基地;超出一处或一定标准的宅基地,不为法律所承认。但是,宅基地价值的逐步显化、乱占耕地建房等原因,导致“一户一宅”的制度目标客观上难以实现<sup>[2]</sup>。

## 二、“一户一宅”政策执行偏差现象及原因

### (一)宅基地规模管控失衡

从表现形态看,宅基地面积超标现象具有普遍性与顽固性。部分地区因早期村庄规划缺乏科学标准,农户受“占地为产”传统观念影响,在建房时突破政策规定的面积上限,导致单户宅基地占地面积较政策标准平均超出20%~30%。同时,未经审批的违规扩建行为屡禁不止,农户通过搭建附属用房、围墙外扩等方式侵占公共空间,由此引发的邻里纠纷占农村土地矛盾的35%以上。此类问题的产生,既源于地方在宅基地面积核定标准上的区域差异导致执行弹性过大,也与监管环节的“前端审批不严、后端执法滞后”直接相关<sup>[3]</sup>。部分基层政府对存量超标问题采取“历史遗留问题”搁置处理,对增量违建缺乏动态巡查机制,致使农户形成“违建成本低”的错误预期,加剧了宅基地使用的无

序化。

### (二)宅基地权属配置混乱

“一户多宅”现象的形成具有制度性与操作性双重根源。从法律继承层面,依据“房地一体”原则,因继承农村住宅而合法取得多处宅基地的情况占比达40%,尤其在多子女家庭中,老宅分割导致“一宅多户”或“一户多宅”问题突出。从市场交易层面,约25%的“一户多宅”源于宅基地违规买卖——部分农户出售宅基地后通过户籍保留或分户手段再次申请,形成“占新不腾旧”的双重占用。此外,分户审核机制的漏洞成为重要诱因,部分地区未严格落实“户籍与实际居住需求相匹配”的分户标准,导致“拆分户籍获取多宅”的投机行为频发<sup>[4]</sup>。

这一问题反映出政策衔接的结构性矛盾,《继承法》与宅基地管理政策的协同不足,导致权属转移过程中宅基地资源二次分配失衡;同时,基层政府对分户审批的合规性审查流于形式,未能建立户籍、土地、规划等多部门的数据共享机制,为违规分户留下操作空间。

### (三)宅基地供需结构错配

在宅基地资源紧张的地区,“有户无宅”问题集中凸显——约15%的农村新增分户家庭因宅基地存量不足、分配机制不完善,无法获得合法宅基地,其居住需求通过违规占用耕地或租赁农房解决,居住权益保障面临制度性缺口。与之对应的“有宅无户”现象,则因户籍迁移、人口城镇化导致约10%的农村住宅长期闲置,形成“空心村”与宅基地浪费。

这种供需错配本质上是资源配置机制与人口变动脱节的结果。一方面,宅基地分配未能建立动态调整机制,对新增人口的居住需求响应滞后;另一方面,缺乏宅基地退出激励政策,农户对闲置宅基地的处置受限于“不得向非集体成员转让”的规定,导致低效利用问题长期存在<sup>[5]</sup>。此外,城乡二元户籍制度改革过程中,户籍迁出与宅基地收回的衔接政策缺失,进一步加剧了“人宅分离”现象。

### (四)政策执行支撑体系薄弱

政策执行面临的系统性困境,首要体现在宣传与认知层面的不足。调研数据显示,仅有32%的农户完全知晓“一户一宅”的具体规定,45%的基层干部存在“户籍即对应宅基地资格”的理解偏差,这种认知误区直接导致政策执行中出现“唯户籍论”或“选择性执行”等问题。而监管机制的全链条漏洞,进一步加剧了政策执行困境<sup>[6]</sup>。在审批环节,标准模糊、自由裁量空间过大,部分地区下放宅基地审批权后,甚至出现“体外循环”审批乱象;监督环节过度依赖群众举报,缺乏卫星遥感监测、网格化巡查等技术手段,致使违规行为发现滞后率高达60%;处罚环节存在“以罚代管”现象,经济处罚仅占违建收益的10%~20%,远低于违规获利,难以形成有效威慑力。

与此同时,基层执行能力的短板也不容忽视。部分乡镇土地管理部门人员编制严重不足,平均1名工作人员需承担2000余户的宅基地管理任务,面对复杂的权属纠纷与规划审批,专业能力明显不足。此外,传统观念与利益驱动形成的执行阻力同样不可小觑<sup>[7]</sup>。受“宅基为祖业”的宗族观念影响,农户对宅基地退出

普遍存在抵触情绪；部分地方政府出于乡村建设需要，对企业或大户违规占地采取默许态度，使得政策执行陷入“软约束”的尴尬境地。

### 三、农村宅基地管理改革的实践探索与优化路径

#### （一）审批制度改革

针对传统审批环节冗长、标准模糊的问题，各地通过数字化赋能与差异化设计重构审批体系。一方面，搭建线上审批平台整合自然资源、农业农村、住建等部门数据，实现申请、审核、颁证“一网通办”，审批周期较以往缩短40%~60%，浙江、江苏等地试点“云踏勘”“电子证照”，解决了跨部门协同效率低的痛点。另一方面，结合区域地理特征（如平原地区人均宅基地不超过200平方米、山区不超过150平方米）和人口密度差异，制定“一村一策”的面积核定标准，宁夏、贵州等地将生态保护红线、历史文化村落保护纳入审批前置条件，从源头遏制超标占地<sup>[8]</sup>。此类改革使宅基地分配的公平性显著提升，新增宅基地违规率下降至12%以下。

#### （二）流转机制创新

宅基地流转改革以激活闲置资源、增加农民财产性收入为目标，形成“出租+入股+抵押”的多元化模式。在使用权流转层面，四川成都、广东佛山等地建立县级流转交易平台，提供信息匹配、价值评估、合同鉴证等服务，2024年全国宅基地出租率较2019年增长27%，平均租金达80元/平方米/年。在产权制度创新方面，浙江义乌、安徽金寨试点“三权分置”，允许宅基地使用权入股乡村旅游、民宿经济项目，农户年人均分红突破5000元<sup>[9]</sup>。然而，流转市场仍面临制度性瓶颈：集体建设用地入市与宅基地流转的法律衔接不足，导致跨村流转受限；评估机构专业化程度低，近30%的交易存在价格低估问题；退出农户的社会保障配套缺失，影响流转积极性。

#### （三）退出机制构建

针对“一户多宅”“空心村”等存量问题，各地建立“自愿申请+政策引导”的退出体系。补偿方式呈现差异化设计：货币补偿参考周边建设用地价格，上海松江、北京大兴等地每亩补偿标准达80万~120万元；实物补偿则提供统建安置房或宅基地置

换，湖北武汉、山东潍坊对退出农户优先安排保障性住房。退出渠道创新包括政府收储（用于公共服务设施建设）、集体回购（纳入预留宅基地指标）、生态退耕（结合全域土地综合整治），江苏苏州通过“退宅还田”新增耕地12万亩，节余指标交易收益反哺乡村振兴。但历史遗留问题处置难度较大，全国仍有60%的“一户多宅”因权属复杂、补偿争议搁置，退出过程中如何平衡“公平性”与“效率性”仍是核心挑战。

#### （四）改革深化路径

当前农村宅基地管理改革正从单一环节创新迈向系统性制度重构。针对《中华人民共和国土地管理法》中“一户一宅”界定模糊问题，广东、海南等地通过地方性法规修订，将户籍登记与实际居住结合明确“户”标准，建立面积上限动态调整及户籍迁移与退出关联机制，厘清权责。在监管上，河南、陕西等地构建“事前一事中一事”全链条体系，运用卫星遥感和网格化管理，违建发现周期缩至72小时，跨部门联合执法将违规处罚提升至违法所得5~10倍，强化监管力度<sup>[10]</sup>。基层治理方面，“万名村官进高校”计划提升干部能力，河北、江西等地将宅基地管理纳入考核，以用地指标倾斜激励基层。同时，改革推动“宅基地+产业”融合，如浙江安吉建设加工车间、四川郫都打造“共享农庄”，实现土地增值与农民增收。

### 四、结束语

“一户一宅”政策作为农村宅基地管理的核心政策，对保障农民权益、优化土地资源配置和维护农村稳定具有不可替代的作用。然而，在实际执行过程中，受多种因素影响，出现了一系列执行偏差问题，严重制约政策效能发挥与农村土地合理利用。通过对政策执行偏差现象、成因的深入剖析，以及对农村宅基地管理改革实践的总结可知，完善法规体系、强化监管、提升基层治理能力和创新改革模式是破解当前困境的有效路径。未来，需持续深化农村宅基地管理改革，将政策执行与乡村振兴战略紧密结合，进一步释放农村土地活力，保障农民合法权益，促进农村经济社会可持续发展，同时应加强对改革实践的跟踪研究，及时调整优化策略，确保改革行稳致远。

### 参考文献

- [1] 王玲玲, 闵桂林. 农村宅基地制度改革的实践质疑和政策选择——以某省试点地为例 [J]. 农业经济, 2023, (07):102-104.
- [2] 管洪彦. 农村宅基地分配制度：历史演变、运行困境与改革思路 [J]. 南京农业大学学报 (社会科学版), 2022, 22(04):165-175.DOI:10.19714/j.cnki.1671-7465.2022.0061.
- [3] 廖洪乐. 农村宅基地制度：演变轨迹、主要问题、改革探索与建议 [J]. 新疆农垦经济, 2022, (07):1-11.
- [4] 屈志一. “一户一宅”制度的法律约束意义与实施路径研究 [J]. 邢台学院学报, 2023, 38(01):76-80.
- [5] 窦家德. 贯彻落实农村“一户一宅”制度共建美丽乡村 [J]. 云南农业, 2022, (03):51-53.
- [6] 丁宇峰, 付坚强. 新中国土地政策演进视野下的宅基地“三权分置”制度选择 [J]. 经济问题, 2019, (11):89-95.DOI:10.16011/j.cnki.jjw.2019.11.013.
- [7] 窦家德. “一户一宅”面临的现实困境及对策建议——基于云南省文山州的思考 [J]. 农村经营管理, 2022, (05):34-35.
- [8] 代玉龙, 曹玉兰. 乡村治理中村规民约研究——村规民约参与乡村治理的路径选择 [J]. 农村经济与科技, 2020, 31(22):207-210.
- [9] 秦海鹏. 加快推动北京市宅基地工作的难点及对策分析 [J]. 中国房地产, 2022, (30):37-47.DOI:10.13562/j.china.real.estate.2022.30.011.
- [10] 支现伟. 北京市昌平区农村宅基地制度改革试点的实践及展望 [J]. 农业展望, 2023, 19(11):20-24.

# 地下室顶板混凝土一次浇筑施工过程关键技术分析

赵安祥

河北建设集团股份有限公司, 河北 保定 071051

DOI:10.61369/UAID.2024100020

**摘 要：**地下室顶板混凝土一次浇筑施工是一项技术复杂、要求严苛的关键工序，直接关系到结构的整体稳定性与耐久性。为确保施工质量与效率，需从施工准备、模板支撑体系、混凝土配合比设计、连续浇筑工艺控制及养护措施等方面进行系统分析与优化。通过合理组织施工工序、强化现场管理、严格控制浇筑速度与接缝处理，有效解决了冷缝、蜂窝麻面等常见质量问题，为提高工程质量、缩短工期提供了技术支撑。

**关 键 词：**地下室顶板；混凝土；一次浇筑；施工工艺；质量控制

## Analysis of Key Technologies in the One-time Casting Construction Process of Basement Roof Concrete

Zhao Anxiang

Hebei Construction Group Corporation Limited, Baoding, Hebei 071051

**Abstract：** The one-time casting construction of basement roof concrete is a technically complex and demanding key process that directly affects the overall stability and durability of the structure. To ensure construction quality and efficiency, systematic analysis and optimization are required in terms of construction preparation, formwork support system, concrete mix design, continuous casting process control, and maintenance measures. By reasonably organizing construction procedures, strengthening on-site management, and strictly controlling casting speed and seam treatment, common quality problems such as cold joints and honeycomb surfaces are effectively solved, providing technical support for improving project quality and shortening the construction duration.

**Keywords：** basement roof; concrete; one-time casting; construction technology; quality control

### 引言

随着城市地下空间开发的不断深入，地下室结构工程在建筑施工中所占比重日益增加。其中，顶板混凝土的一次性浇筑作为确保结构完整性与施工效率的关键环节，正受到广泛关注。如何在保证安全与质量的前提下，高效完成一次浇筑任务，成为施工管理与技术控制的重要课题。深入探讨该过程中的关键技术，有助于提升整体工程质量，推动地下结构施工向更高标准发展。

### 一、地下室顶板一次浇筑的重要性与技术挑战

地下室顶板作为地下结构的重要组成部分，承载着上部结构荷载并承担防水、防渗、保温等多项功能，其结构强度与整体性直接关系到整个建筑的安全与使用寿命。在实际施工中，采用一次性整体浇筑的方式能够有效避免施工缝、冷缝的出现，保障混凝土整体性与密实度，减少后期渗漏等质量隐患。这种施工方式不仅在结构性能上具有显著优势，还能提升施工效率、缩短工期，是现代地下结构施工中广泛推崇的技术手段<sup>[1]</sup>。然而，地下室顶板位置特殊，空间狭窄、作业受限，加之顶板结构一般跨度较大、钢筋布置密集，对一次浇筑的施工组织和技术要求提出了更高的挑战。

在一次浇筑施工过程中，面临的主要技术难题包括浇筑厚度

大、施工时间长、混凝土连续供应要求高等问题，稍有不慎便可能导致冷缝、离析、裂缝等质量缺陷。同时，由于地下工程常伴随复杂的地下水环境与有限的通风条件，对混凝土施工温度、凝结时间以及施工机械的操作效率等提出了严格要求。尤其在夏季高温或冬季低温等极端气候条件下，温控与保温技术成为保证一次浇筑质量的重要保障。此外，由于顶板模板架设空间受限，支撑体系的稳定性也成为一大难点，任何偏差都可能影响整个顶板的浇筑质量和结构安全。因此，需要依托科学的施工组织设计，合理安排浇筑顺序、浇筑速度与分区方式，同时配备足够的施工机械与人力资源，以确保混凝土运输、振捣、整平、养护各环节协调有序进行<sup>[2]</sup>。

面对这些挑战，施工单位必须充分发挥技术管理能力和现场组织协调能力，制定针对性强的施工方案，强化质量过程控制。



通过 BIM 技术或可视化技术进行方案模拟与优化，提前识别施工冲突与隐患，能够大幅提升一次浇筑的成功率。同时，混凝土配合比的合理设计、施工人员的技术培训、现场指挥系统的高效响应，都是保障地下室顶板一次浇筑施工顺利进行的重要基础。在当前建筑工程日趋复杂和精细化的背景下，对地下室顶板一次浇筑过程中的关键技术进行深入分析与实践总结，对于提升工程质量管理水平、推动施工技术创新具有积极的现实意义。

## 二、施工前准备工作的系统部署

地下室顶板混凝土一次浇筑的顺利实施，离不开科学、详实的施工前准备工作。施工准备不仅是保障现场施工有序推进的前提，更是有效应对各类施工风险、提高施工效率的重要环节。在进行一次性整体浇筑前，首先要组织专业技术人员对施工图纸进行深入会审，明确施工要求、结构特征和施工重点难点，对钢筋布置、后浇带设置、预埋件安置等内容要逐项落实，避免设计与实际操作之间的脱节。同时，要结合工程实际情况编制详尽的专项施工方案，涵盖混凝土供应计划、浇筑顺序、机械布置、人员分工、质量控制及应急预案等，确保施工过程各项工作有据可依、执行有力<sup>[3]</sup>。

物资与设备的准备是施工前的关键一环。一次浇筑对混凝土供应的连续性和稳定性要求极高，因此需提前与搅拌站协调好供应时段与数量，必要时设置现场临时储料点或备用搅拌系统，以应对突发状况。施工机械方面，应根据浇筑面积和浇筑厚度合理配置混凝土泵车、输送管道、插入式振捣器、平板振动器等设备，确保浇筑、振捣同步高效进行。模板与支撑系统的搭设关系到结构稳定与成型质量，施工前需组织专人对模板设计图进行复核，保障支撑系统布置合理、承载力足够、连接牢固，并做好施工期间的安全检查和监测预案。同时，对浇筑区域进行清理、定位放线、模板涂刷脱模剂等准备工作要严格执行标准化流程，保证现场环境整洁、施工面有序，为后续作业提供良好基础条件<sup>[4]</sup>。

人员组织与技术交底是确保施工方案落地执行的核心。在浇筑前应召开专题技术交底会议，将施工计划、工艺流程、质量标准、安全要求等内容传达到各施工班组和操作工人。尤其对关键工序如振捣、浇筑接茬、混凝土运输调度等，需由技术人员进行重点讲解与现场示范，确保每一名工人明确职责与操作规程。还需合理安排施工班次，特别是在夜间施工或大体积混凝土浇筑中，保证人员轮换及时、精力充沛。此外，施工现场应设置专职安全员与质量管理员，加强施工过程中的巡查与指导，实时掌握施工动态，及时处理突发情况。系统周密的施工准备可降低技术与管理风险，保障地下室顶板混凝土一次成型与优质交付的实现。

## 三、模板与支撑体系的稳定性控制技术

模板与支撑体系是地下室顶板混凝土一次浇筑施工中不可或

缺的结构临时支撑设施，其稳定性直接关系到混凝土成型质量与施工安全。由于地下室顶板一般跨度较大，钢筋布设密集，且现场作业空间受限，模板支撑系统必须具有足够的强度、刚度与稳定性，以承受混凝土自重、施工荷载以及振捣过程中产生的动荷载。在施工前，应根据结构设计参数和现场条件，科学选取模板材料，常用的有木模板、钢模板和组合模板，需兼顾承载力、拼缝严密性与重复使用率<sup>[5]</sup>。同时，必须依据顶板厚度、跨度、浇筑高度等因素进行模板支撑体系的结构计算与受力分析，确保支撑立柱间距合理、连接稳固，避免在浇筑过程中发生沉降、移位甚至坍塌等危险情况。

模板搭设过程中应坚持“先整体、后细部”的原则，分区域有序推进。为保障支撑系统的整体性和传力路径的连续性，建议采用满堂支撑体系，并配合纵横向扫地杆、水平拉杆、斜撑等构件进行加固，从而增强整体框架的抗侧力和抗压能力。在靠近墙体、柱边、转角等关键部位要加密支撑，避免应力集中引发局部变形。此外，模板拼缝要密实，防止混凝土漏浆影响成型质量，必要时可使用密封胶条进行处理。所有节点连接必须采用螺栓或专用扣件连接，严禁使用钢丝简单绑扎代替。支撑系统与基础地面之间应设置垫板或钢管分布梁，均匀分布荷载，防止地基不均匀沉降。特别是在地下工程常遇到的湿软土层或回填区域，更要进行地基加固处理，确保支撑体系落地可靠。

施工过程中，模板与支撑体系的稳定性控制贯穿始终。需设置沉降观察点，定期测量模板顶面高程，发现异常应立即处理。混凝土浇筑应遵循“分段、分层、连续”原则，合理布置浇筑点，防止集中荷载造成模板爆裂。振捣操作要规范，振捣棒不得碰撞模板与支撑立杆，避免松动。混凝土初凝前严禁在模板上堆放重物或产生高频振动，确保体系稳定<sup>[6]</sup>。通过全过程动态监测与现场精细管理，可有效保障模板支撑的安全性与混凝土一次浇筑的施工质量。

## 四、混凝土浇筑过程中的关键技术措施

混凝土浇筑作为地下室顶板一次成型施工的核心环节，其技术组织与工艺控制直接决定了结构整体性能和施工质量。在实际施工中，为确保浇筑质量，首先必须严格控制混凝土的原材料质量和配合比设计。混凝土配合比应根据结构强度要求、浇筑厚度、施工环境温度等综合因素进行优化设计，既要保证其良好的和易性、保水性，又要具备较高的抗裂性与耐久性。应选择优质水泥、级配合理的骨料以及合适的外加剂，并通过实验室试配确定最优配比，避免现场随意调整。同时，为满足大体积混凝土长时间浇筑的需求，需确保搅拌站的生产能力与运输组织能实现连续稳定供料，防止因中断引发冷缝和质量缺陷<sup>[7]</sup>。

在具体施工过程中，混凝土浇筑应遵循“分层分段、连续作业”的原则，一般采取水平分层、斜坡推进的浇筑方式，以利于混凝土流动与振捣密实。每层浇筑厚度应控制在合理范围，通常不超过 50 厘米，以便振捣棒能够充分穿透上下层，形成良好的结合面。振捣作业应采用机械振捣为主，人工配合为辅，确保混凝

土密实无蜂窝麻面。操作人员应掌握“快插慢拔、点插均布”的操作规范，避免漏振、过振和欠振现象。同时，浇筑过程中要严格控制混凝土的入模温度，特别在高温或低温季节施工时，应采取相应的温控措施，如遮阳、喷雾降温或加热搅拌水、骨料等方式，确保混凝土在适宜温度下浇筑，避免早期裂缝和强度不足。

为保障混凝土成型质量和结构安全，浇筑过程中必须加强技术管理与现场协调。各施工班组要密切配合，保持施工节奏均衡，防止因组织不畅造成局部堆料或延迟。浇筑顺序应结合结构布置与模板支撑位置合理确定，从一端逐步推进，避免形成混凝土堆积中心或对模板系统造成冲击。同时，应设专人负责浇筑过程质量控制与技术指导，及时调整施工方法应对现场变化<sup>[9]</sup>。在整个过程中，应同步安排质检人员进行混凝土拌合物塌落度、温度、试块强度等项目的检测，确保每批混凝土质量合格后方可入模。严控工艺与技术环节，保障地下室顶板混凝土一次浇筑质量、安全与效率统一，实现高标准交付。

五、质量控制与后期养护的协调管理机制

地下室顶板混凝土一次浇筑完成后，质量控制工作并未结束，后期养护同样是确保结构性能和延长使用寿命的重要环节。首先在浇筑完成后，要立即进行混凝土表面的覆盖与保湿处理，避免水分快速蒸发导致表面干裂。养护方式应结合施工季节选择适宜的措施，常用的包括覆盖湿麻袋、塑料薄膜、喷洒养护剂或搭设遮阳棚等。尤其在夏季高温条件下，应加强洒水频率，保持混凝土表面湿润，防止早期温差收缩裂缝的出现。养护时间不得少于7天，对于重要结构部位可适当延长，确保混凝土充分水化，提高最终强度<sup>[10]</sup>。

在质量控制方面，应建立覆盖全过程的质量监管体系，制定明确的检查标准与验收流程。从原材料进场检验、混凝土拌合质量检测，到模板、钢筋安装质量复核，再到浇筑全过程监测，都需有专人负责、记录详实。浇筑完成后，应及时进行外观质量检查，包括顶板平整度、接缝密实度、有无蜂窝麻面、裂缝等常见问题，发现问题及时处理，避免质量隐患扩大。此外，还需对混凝土强度进行标准养护试块的送检，同时设置结构同条件试块，与主体混凝土同步养护，以便掌握实际强度发展过程，为脱模与后续施工提供科学依据<sup>[10]</sup>。

为保障质量控制与养护工作的持续性和一致性，应建立一套协调高效的管理机制。项目部需设立专门的质量与养护管理小组，明确职责分工，统筹现场管理、技术指导与人员培训。各施工班组之间要形成协同机制，确保养护工作不因施工推进节奏而被忽略。同时，借助信息化手段进行施工日志记录、图像监测和养护数据分析，有助于实现过程可追溯、问题可溯源。此外，应重视施工人员质量意识的培养，定期组织质量培训与案例分析，提高一线操作人员对质量控制与养护重要性的认识。

六、结语

地下室顶板混凝土一次浇筑施工是一项系统性强、技术要求高的关键工序，贯穿于准备、模板支撑、混凝土浇筑到质量控制与养护的全过程。通过科学部署施工前准备工作，严格模板与支撑体系的稳定性控制，合理组织浇筑工艺，并强化质量与养护管理，能够有效保障结构整体性与施工安全。随着施工技术不断进步和管理机制日益完善，该工艺将在地下工程中发挥更加重要的作用，为实现高质量、高效率的工程建设提供有力支撑。

参考文献

[1] 谢超, 黄林, 林欢. 地下室顶板施工缝防水做法研究 [J]. 中国住宅设施, 2022, (10): 88–90.

[2] 金善民, 何振峰. 地下室顶板梁板共同作用的设计方法探究 [J]. 建筑结构, 2023, 53(S2): 327–330. DOI: 10.19701/j.jzjg.23S2582.

[3] 刘树之, 俞昔非, 肖启仁, 等. 不同柱跨下地下室顶板的楼盖选型研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (02): 105–107.

[4] 高宇斌. 某高层住宅既有地下室顶板厚板转换结构设计 [J]. 福建建设科技, 2024, (01): 114–117.

[5] 刘林钊, 谢显鹏, 满宁宁, 等. 施工电梯基础与地下室顶板一体化深化设计思路与施工要点分析 [J]. 科技创新与应用, 2024, 14(06): 112–115. DOI: 10.19981/j.CN23-1581/G3.2024.06.026.

[6] 何菊莲. 地下室顶板质量问题的成因分析与预防对策研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (05): 114–116. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202405038.

[7] 陈光华. 地下室顶板加腋结构设计分析与应用 [J]. 低碳世界, 2024, 14(02): 79–81. DOI: 10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2024.02.055.

[8] 张能伟. 地下室顶板开洞对高层建筑嵌固效应的影响分析 [J]. 结构工程师, 2024, 40(01): 46–52. DOI: 10.15935/j.cnki.jggcs.2024.01.005.

[9] 马乐. 房建工程中地下室防水施工技术研究 [J]. 工程建设与设计, 2024, (06): 170–172. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2024.03.254.

[10] 兰志强. 关于地下室顶板后浇带回顶施工方案优化的探讨 [J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(03): 104–106. DOI: 10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2024.03.035.

# 市政工程 PPP 项目的成本控制与利益相关者协同管理策略

石镇尧

广东工业大学龙洞校区, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2024100021

**摘要：** 市政工程 PPP 项目作为推动基础设施高质量发展的重要机制，在提升公共服务供给效率的同时，也面临复杂多元的成本控制与利益协调难题。本文立足于 PPP 模式下市政工程项目运行特征，探讨成本控制逻辑的演变路径与现实困境，进一步引入“协同嵌入”视角重塑成本控制概念，并从利益相关者的行为动力机制与关系网络出发，剖析协同障碍与合作潜力。通过构建基于共识机制、关系信任与信息联通的协同管理路径，提出系统性策略建议，旨在实现成本效能与多元利益共赢的双重目标。研究强调，在治理逻辑重构背景下，唯有突破传统“控制导向”范式，方能推动 PPP 项目走向更为可持续、协同、高效的发展轨道。

**关键词：** 市政工程；PPP 模式；成本控制；利益相关者；协同治理

## Cost Control and Stakeholder Collaborative Management Strategies in Municipal PPP Projects

Shi Zhenyao

Longdong Campus, Guangdong University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510000

**Abstract：** Municipal engineering PPP (Public-Private Partnership) projects, as an important mechanism for promoting the high-quality development of infrastructure, while improving the efficiency of Public service supply, also face complex and diverse problems of cost control and interest coordination. Based on the operational characteristics of municipal engineering projects under the PPP model, this paper explores the evolution path and practical predicaments of the cost control logic, further introduces the perspective of "collaborative embedding" to reshape the concept of cost control, and starts from the behavioral dynamic mechanism and relationship network of stakeholders to analyze the collaborative obstacles and cooperation potential. By constructing a collaborative management path based on consensus mechanism, relationship trust and information connection, and putting forward systematic strategic suggestions, the aim is to achieve the dual goals of cost efficiency and win-win for multiple interests. The research emphasizes that under the background of the reconstruction of governance logic, only by breaking through the traditional "control-oriented" paradigm can PPP projects be pushed towards a more sustainable, collaborative and efficient development track.

**Keywords：** municipal engineering; PPP model; cost control; stakeholder; collaborative governance

### 引言

市政工程 PPP 是一项集政府和社会资本于一体的工程项目，它是一种集政、建、管于一体的制度安排。然而，PPP 项目各参与主体之间的利益诉求差异较大、治理结构较复杂、工期较长，导致 PPP 项目实施过程中存在成本管控不力、目标错位和责任推诿等问题。传统的以“成本最小化”为目标的管理方式很难同时兼顾多个目标，特别是在公共与商业交织、灵活性与规范博弈的现实语境下，亟需一种更具治理视角和协同逻辑的管理范式。目前学术界在模型建构和实证分析方面已有不少成果，但对成本控制“协同缺位”这一本质问题的讨论还不够深入。本项目突破单一管控视角，聚焦多主体关系相互作用、行为机理和协同结构，通过逻辑重构和概念拓展，为 PPP 项目成本控制和协同治理提供理论支持和实践思路。



## 一、成本控制的演进逻辑与困境重申

### （一）成本控制在 PPP 项目中的内涵延伸

传统的成本控制侧重于优化资源配置和降低成本，适合于明确责任划分和收入结构清晰的工程项目。但 PPP 项目的成本不仅关系到投资收益，而且关系到项目全寿命周期内的风险分担、服务绩效和公共利益的实现，具有多维、多周期、多主体的动态性。这一扩展要求企业不仅要考虑财务数据，还要考虑制度环境、协作机制和服务产出等非财务因素。工程造价管理从静态的计算逻辑逐步过渡到动态的协同逻辑，其核心是在嵌入式治理结构中实现成本和协同目标的协调统一。由于合同不完全、信息不对称、关系嵌套等特点，“强控制弱协作”机制已不能适应 PPP 项目造价管理的实践需求。

### （二）传统成本控制的局限：以控制代替协调

在多数 PPP 项目实践中，政府或主导方往往延续 EPC 模式，采用刚性合同条款、设置费用上限等方式压缩成本。然而，这种思维方式忽视了 PPP 项目运作的不确定性和演化性特点，造成了项目管理中权责不明、激励不足、风险转嫁频繁等问题。这类以控制代替协调的策略本质上是把多智能体之间的关系简化成一条线性的命令—服从结构，不能适应现实的合作博弈和利益交换<sup>[1]</sup>。在社会资本主体缺乏参与感和弹性空间的情况下，成本控制容易演化成被动应对和规避责任，甚至导致契约履行扭曲和服务质量下降等次生风险，“结构失效”是 PPP 项目成本失控和利益分化的制度性根源。

### （三）“协同嵌入”视角下成本控制的再定义

基于“协同嵌入”的视角，本研究将成本控制定义为跨主体、跨阶段的价值协调过程，其核心是建立共识机制、加强关系互信和实现信息对称。从这一角度来看，成本控制不仅仅限于预算执行和财务结算，还应该融入到决策和执行的各个环节，实现全过程的参与。在这一逻辑框架下，项目企业、政府、运营主体和用户四个主体通过一个协同治理平台进行持续的沟通和利益调整，共同识别成本风险和调整资源配置策略<sup>[2]</sup>。协同嵌入既是管理机制又是关系治理的制度性表达，其最终目的是形成动态反馈和激励共生结构，促进成本管理从封闭控制走向开放协同。

## 二、利益相关者网络的动力机制与影响路径

### （一）权责非对称下的行为激励与协同障碍

PPP 项目利益相关者网络表现出高度异质性，政府、社会资本、金融机构、设计和建设运营主体以及公众在权责分配、风险容忍度和资源控制力等方面存在明显的不对称性。这一结构紧张导致了激励机制的碎片化，影响了合作各方的合作意愿和合作效率。当社会资本一方面对“责任放大”与“收入压缩”之间的失衡时，他们会采取逆向选择和道德风险策略来抵御成本压力。同时，由于政府既是监管者又是服务者的双重身份，也容易在责任界限模糊的情况下产生“责任空转”，缺乏共同承担和积极激励的项目治理系统，很难建立起稳定的协作关系，相反，还会激起各方对自己有利的行为逻辑，从而使成本控制的效果变得更差<sup>[3]</sup>。

### （二）信任与信息在协同中的结构性价值

PPP 项目的高复杂性和长周期特征决定了 PPP 项目的高信

任基础和信息透明性，信息不对称既限制了企业成本判断的准确度，也削弱了企业在协同治理过程中的反应效率和期望的一致性。当各方基于防御心理预设展开博弈时，合作意愿会急剧下降，最终导致治理机制失效<sup>[4]</sup>。信任是一种非正式的制度安排，它可以弥补合同的缺陷，提高交流效率，降低监管成本，建构结构性信任需要建立在稳定的沟通机制、历史的合作经验和第三方中介的介入基础上，形成多层跨阶段的信息流动和共识累积机制，透明的信息交流结构和信任嵌套体系，可以大大提高各方对于成本控制目标的认同度和执行力，是协同治理的制度基础。

### （三）“共识—合作—互惠”路径下的互动逻辑建构

在多核心交互关系中，协同行为的实现取决于一个渐进的信任积累和行为反馈机制。构建共识形成目标一致性，强化合作推进责任互认，最终实现合作结构制度化嵌入，是 PPP 项目协同治理的根本路径。该逻辑需要借助动态反馈机制和自适应调节机制，在项目实施过程中实现阶段对话和策略修正，互动逻辑的建构要突破合约限制，加强软治理手段在实践中的深度嵌入，如建立多边协调平台、引入中立协调人机制和建立绩效基准制度等<sup>[5]</sup>。以此为导向，将协同转化为成本控制中的价值共创过程，促使项目由对抗型治理向关系型协作转变，达到成本绩效和协同稳定双目标。

## 三、协同导向的成本控制策略重构

### （一）基于关系治理的协调机制设计

关系治理范式强调通过非契约性机制规避交易摩擦，特别适用于市政 PPP 项目中高频交互、目标冲突和不完全信息情境。传统合约结构常以形式理性为基础，忽略行为理性驱动下的声誉、信任与长期关系维度，易导致刚性履约与非预期成本外溢<sup>[6]</sup>。关系治理强调网络化互依结构，依托心理契约、非正式规则与社会嵌入机制增强合作黏性。在 PPP 项目中，协调机制需引入多边信任保障装置，如联合风险缓释协议、集体预警机制与问题联合响应机制，以实现成本偏移的共识化管理。政府方可通过设立跨周期协调窗口与联合工作组，提升治理协同性；社会资本则应在合作早期投入关系资本，接受过程透明化规则，以增强契约外承诺可信度<sup>[7]</sup>。成本控制过程因而转化为集体博弈下的行为约束重构，其有效性依赖于持续性的关系秩序维持与合作期望的一致性生成，进而实现制度安排与行为动机的协同融合。

### （二）多元参与机制中的动态博弈调适

PPP 项目在多边博弈框架下，各方利益函数存在明显差异，使得 PPP 项目成本控制呈现动态非平衡状态，博弈调整需要借助信息渗透和激励结构的耦合机制来实现动态收敛。多阶段参与构成了一个不对称的纳什博弈模式，参与者不断调整自己的策略以使自己的收益最大化，在缺乏协调机制的情况下，极易引发多轮机会主义行为和系统成本漂移。动态博弈调整需要建立弹性策略反馈机制，反馈绩效，促进行为选择向合作均衡进化。协商式协调平台应发挥动态信号机制的作用，由中立的第三方主持跨期议程的设定，实现利益的重新平衡<sup>[8]</sup>。在激励结构上，通过引入延迟付款机制、分阶段积分激励和违约责任分担机制等措施，强化长期收入相关性。该机制可以减少市场折扣预期波动对企业合作动机的影响，为企业成本控制策略制定提供依据，动态博弈调适



本质上是一种演进的治理机制，它以非线性的反应结构来应对复杂协同中的行为激励偏向和治理失序。

### （三）成本控制前移：从设计源头实现协同引导

传统成本控制策略往往滞后于项目运作阶段启动，忽略了前端设计对资源配置和风险锁定的决定性作用，造成成本刚性上升、治理响应滞后等问题。协同型成本控制战略需要“成本前移”，将协同原理和价值增量逻辑嵌入计划设计阶段，实现成本约束的内化。设计前置策略强调在功能规划、参数设置和选材阶段引入多元利益主体共创机制，通过联合设计评审、集成建模协商和柔性配置等手段实现技术和经济边界的统一。通过社会资本和运营主体的早期介入，可以在全生命周期内对成本进行识别和锁定，避免频繁的设计变更所带来的成本积累效应。同时，要加强非结构化的成本信息集成，建立参数化成本预测模型，实现跨维成本影响因素的映射。若能在规划设计环节实现治理结构、融资渠道和实施职责的同步配置，则可以在成本控制过程中嵌入协同治理，提升工程项目的自适应能力和抗干扰能力。成本控制前移，不但可以提高治理效率，还可以提高整个工程的运行韧性。

## 四、提升协同效能的组织与政策保障机制

### （一）管理边界的清晰化与角色再定位

要提高PPP项目的协同有效性，首先需要明确PPP项目各方的职责界限，避免出现功能重叠和职责真空。在治理边界模糊的情况下，政府一方的权力渗入、社会资本的过度收缩和专业化的职能定位不明确，造成了组织内部的内耗和决策失衡。按照项目的生命周期特点，将其分为决策性权力、执行权力和监管权力三个层次，并在可操作的层次上通过规则式的契约实现边界的固化。在角色重塑上，需要构建“治理中心—实施界面—反馈平台”的三层结构，在此基础上，政府将从一个单一的监管者转变为一个价值整合者，将社会资本从投资和投资引导转变为全程协同，而专业机构则从工具性的服务者向知识增益型的治理支撑体系转变。在此基础上，通过构建垂直的信息渠道和水平反应机制，可以突破政府主导的路径依赖，促进多边治理框架的平稳形成。只有在管理边界明确和功能匹配的情况下，协同才能由观念转化为实践，才有了成本控制的组织嵌入和行为激励。

### （二）制度弹性与弹性契约在协同中的作用

制度弹性是一个可适应的指标，它不仅影响着系统对外部环境的快速反应和适应能力，也直接关系到复杂工程中的协同治理效果。刚性体制虽然具有稳定性，但缺少对动态风险和行为调节

的包容能力，使得PPP项目在高度不确定性条件下容易失效。在协同过程设计、规则修改和例外条款的设计中，通过嵌入柔性合约逻辑，使系统结构和行为方式之间形成双向耦合。柔性合约假设合约不完备，可在触发条件下重新协商、指标重构和分润机制调整，可有效地缓解因阶段性业绩偏差而引起的利益冲突。在制度设计上，要建立激励相容的激励相容机制，把灵活性和责任分担相结合，防止“制度柔性”成为规避履约的藉口<sup>[9]</sup>。在运作层次上，提出建立弹性指数、政策调整速率和自适应审计等制度实施的柔性指数，以提高制度对企业合作的导向作用。系统性地配置制度柔性，为项目的协同治理提供保障，保证其在外界扰动和内部扰动下的稳定运行。

### （三）激励与约束并举的长效协同机制建议

要建立长期的协作机制，关键是要同时引入积极的激励和行为的约束，避免合作关系的形式化和短期化。在此基础上，结合不同的业绩考核指标，将成本管控业绩和利益分配路径相结合，建立收入弹性空间和贡献度奖励机制<sup>[10]</sup>。本项目拟构建“业绩分享”、“风险共担”、“信誉积分累积”和“政府购买”等复合激励机制，以促进收入和价值的联动增长。在约束上，建立合同履行透明和动态惩戒机制，对协同失败、成本失控等行为实行周期预警和问责跟踪。在制度层次上，需要将激励和限制条款融入到可操作规则中，并构建治理效果的反馈机制，以达到对后续协作过程中行为轨迹的路径依赖性。在此基础上，提出构建跨期信用评估平台，通过与社会信用和行业信用评级相结合，构建反激励机制，通过正、负的激励关系和系统的监管嵌套，可以使协同机制在组织惰性和行为惰性中不断地发挥作用，提高了治理的韧性和项目的收入弹性。

## 五、结语

市政PPP项目在复杂治理环境中，成本控制早已突破财务逻辑范畴，进入利益博弈与关系治理交织的系统性议题。本文基于协同嵌入视角，分析传统成本控制的约束机制失效原因，重构关系驱动、博弈调节与前端介入等多元控制路径，强调协同治理在提升成本绩效中的中介与支撑功能。同时，从组织结构与制度环境层面提出管理边界、弹性契约与激励机制的系统配置建议，指向长效化、内生化的协同机制建构。未来研究可进一步拓展至信用治理机制、多中心协同调度与公共参与路径，以完善PPP治理生态，回应公共服务需求复杂化趋势下的新治理挑战。

## 参考文献

- [1] 苏普梓. 市政工程项目中的变更管理与成本控制 [J]. 中国产经, 2024, (04): 143-145.
- [2] 南宁. 甲方视角下的市政工程项目变更管理与成本控制 [J]. 中国住宅设施, 2024, (02): 115-117.
- [3] 肖利慧. PPP市政工程项目成功关键要素研究 [D]. 天津大学, 2023.
- [4] 杨政严. 市政工程施工项目质量成本核算与控制 [C]// 中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会. 2022工程建设与管理桂林论坛论文集. 重庆: 中环建设有限公司, 2022: 272-274.
- [5] 汤海波. 市政工程造价成本控制探析 [C]// 中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会. 2022工程建设与管理桂林论坛论文集. 五矿二十三冶建设集团有限公司, 2022: 275-276.
- [6] 潘广德. 市政PPP项目财务风险管理研究 [D]. 清华大学, 2022.
- [7] 李维高. 市政工程施工项目成本控制措施的分析与思考 [J]. 当代会计, 2021, (22): 118-120.
- [8] 魏志雯. 浅析市政工程项目造价的成本控制 [J]. 质量与市场, 2021, (16): 163-165.
- [9] 吴圣莲. 市政工程项目造价成本控制和管理分析 [J]. 住宅与房地产, 2021, (05): 54-55.
- [10] 陆磊. 市政工程项目成本管理控制策略 [J]. 财经界, 2020, (36): 68-69.

